

Technologie L.E.D



RESUME

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- Présentation L.E.D
- Rappels brefs de la technologie
- Acteurs du marché
- Performances des LED
- Performances des systèmes
- Maturité de la technologie
- Points importants à noter
- Évolutions technologiques : passé et présent
- Les limites physiques et technologiques
- Perspectives d'avenir
- Dangers des LED : rapport ANSES



L.E.D : What we do

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



LED
ENGINEERING
DEVELOPMENT

Métrologie & Investigations



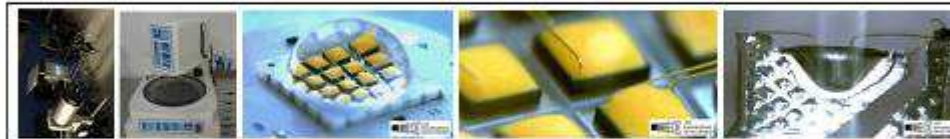
- Mesures spectrales de sources et de systèmes (200nm - 2500nm)
- Cartographie de luminance : identification des non uniformités (résolution < 10µm)
- Mesures des problématiques photo biologiques
- Amélioration des performances : choix de matériaux



- Mesures goniométriques champ proche / champ lointain
- Luminaires jusqu'à 70Kg
- Réglage du pas de mesure angulaire de 0,01° à 10°
- Luminaires jusqu'à 150cm de diamètre
- Photométrie, fichiers IES et LDT



- Flux, Intensité, Eclairage
- Régulation thermique des systèmes mesurés (Contrôle Peltier à 0,1°C)
- Diamètre des sphères : 10 cm à 2 mètres



- Microscope optique (x150 / x500 / x5000)
- Binoculaire de contrôle
- Polisseuse : < 1µm



- Mesures Thermiques (caméra IR)
- Tests en cycles thermiques (-40°C ; +180°C)
- Prototypage / pré série CMS



L.E.D : What we do

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

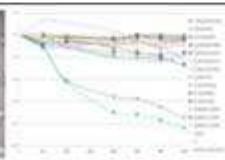
Perspectives

ANSES



LED
ENGINEERING
DEVELOPMENT

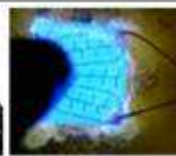
Performances et tests de vieillissement



- Mesures des performances optiques, thermiques et électriques au cours du temps (> 70 fabricants de lampes à LED / > 350 échantillons testés / 500h)
- Qualité globale des produits (lumen / € / h)



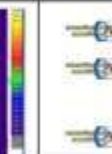
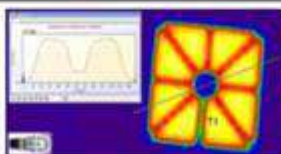
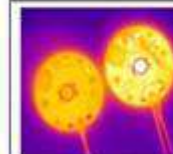
- Analyse du cycle de vie
- Identification des facteurs limitants (en terme de performances, de fiabilité)
- Décomposition des technologies produits



- Analyse des modes de défaillance
- Tests après défaillance
- Proposition d'amélioration



- Mesures de résistance thermique
- Tests optiques à comportements thermiques variables



- Analyse par méthode inverse
- Mesure de luminance et de point d'échauffement de surface
- Microscopie pour dimensionnement



L.E.D : Who we are

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

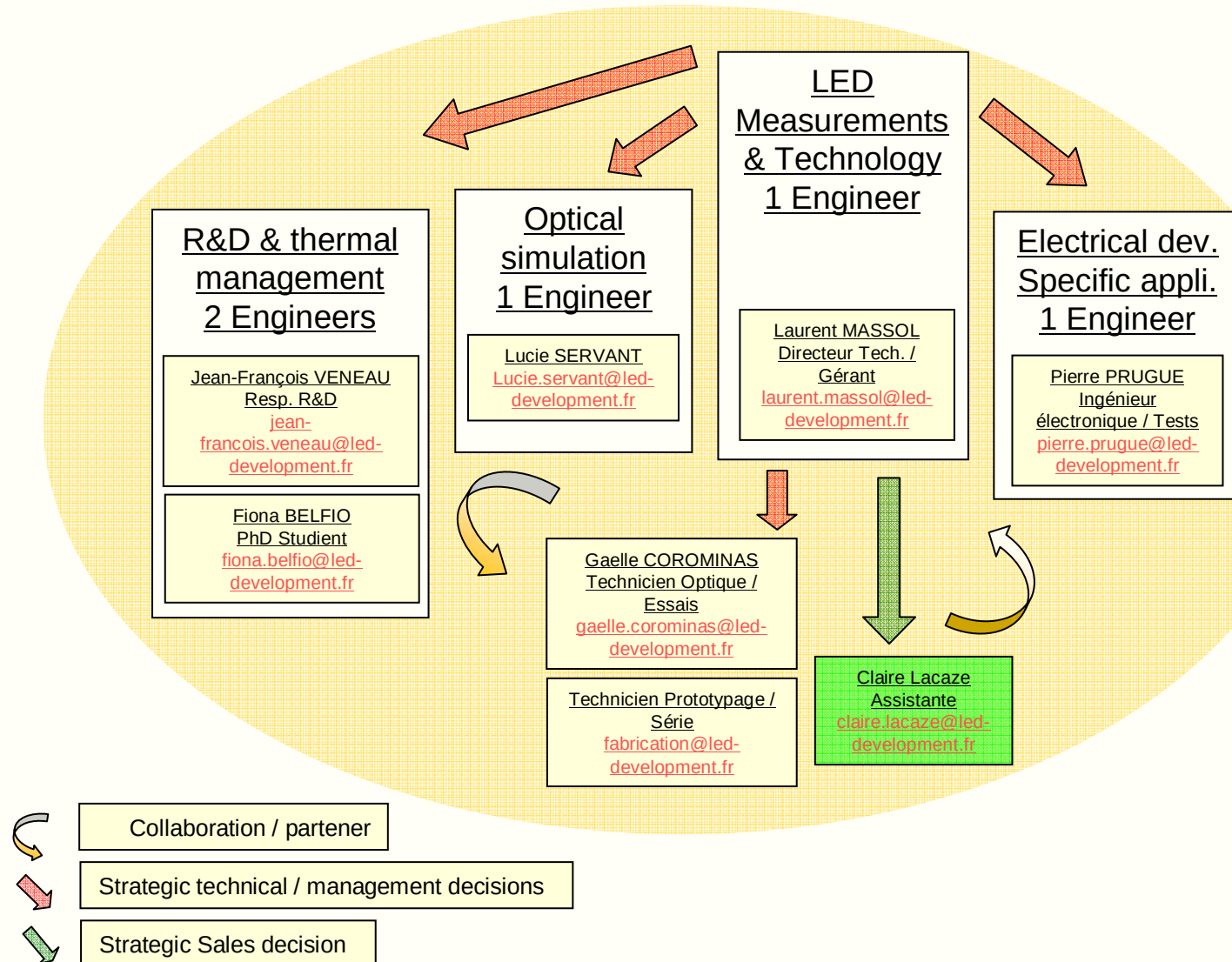
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES





L.E.D : How we do – 1

Présentation L.E.D

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

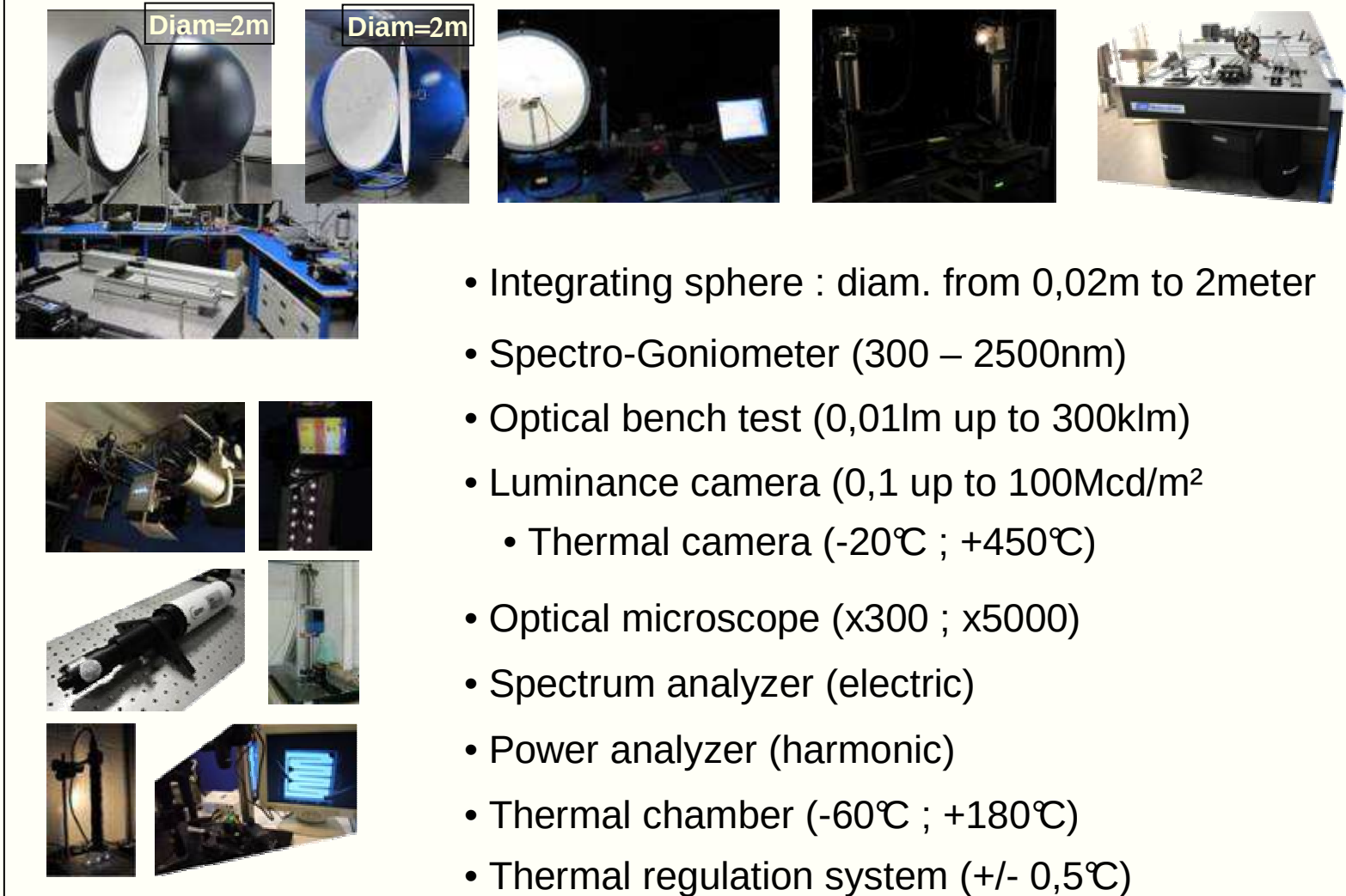
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- Integrating sphere : diam. from 0,02m to 2meter
- Spectro-Goniometer (300 – 2500nm)
- Optical bench test (0,01lm up to 300klm)
- Luminance camera (0,1 up to 100Mcd/m²)
 - Thermal camera (-20°C ; +450°C)
- Optical microscope (x300 ; x5000)
- Spectrum analyzer (electric)
- Power analyzer (harmonic)
- Thermal chamber (-60°C ; +180°C)
- Thermal regulation system (+/- 0,5°C)



L.E.D : How we do – 2

Présentation L.E.D

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- PCB dedicated for each LED type + control of soldering process
- Temperature stabilization with continuous current maintained (+/- 1%)
- Self absorption of PCB + LED made by calibrated lamp + specific LED
- Individual and average measurement



- Complementary test with “half sphere” for hemispherical emission
- Spectro-gonimeter to evaluate the angle influence of optical parameter
- Calibration by equipment manufacturer, calibrated component & LED
- Investigation into the LED : flux + luminance + mechanical surface state



L.E.D : How we do - 3

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

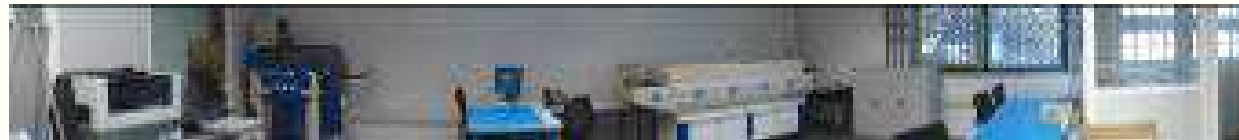
ANSES



Robots for prototype & series
3500 components / h

Refusing Heater

Capacity = 1000 card
(100x100mm) / day



To make test easier

- Respect of industrial request (soldering of component)
- Fast : equipment dedicated for test and prototype



Our strategy : Research → end users

Présentation L.E.D

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Fundamental Research

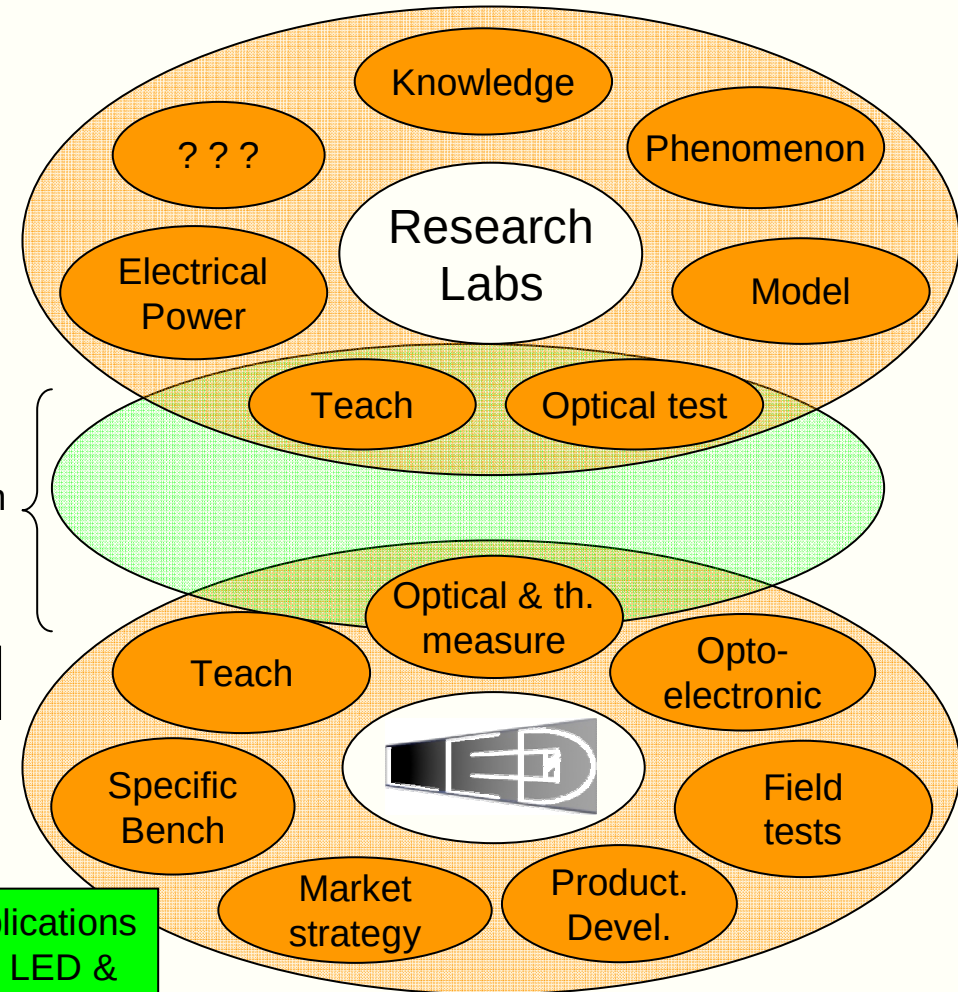
Applicative Research

Tests and Measurements

End user

Collaboration With
Research Labs

Applications
for LED &
OLED





Contexte technologique

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

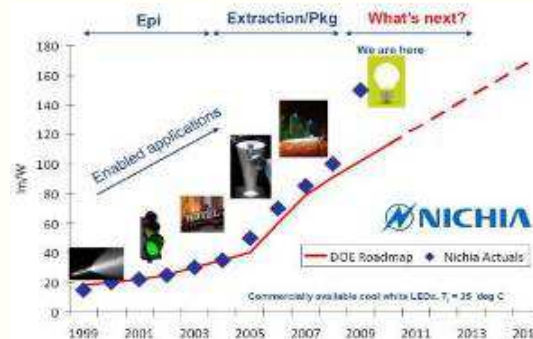
Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Santa Clara 2012



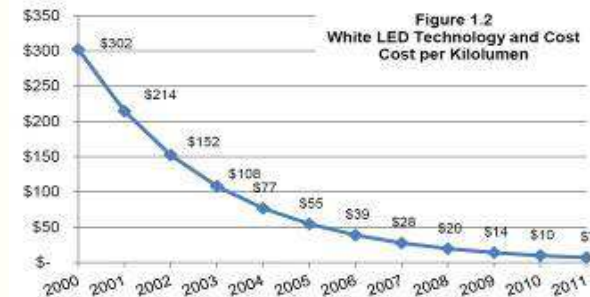
High Efficiency



Taipei
Nov 2012

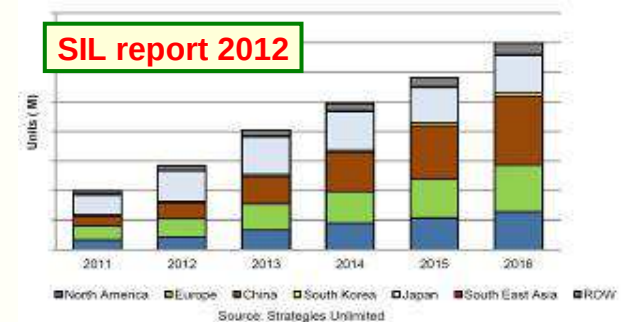
+ High resistance

SIL report 2012



+ Low price

SIL report 2012



= Increase sales



La technologie à LED : principe

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip

substrat

alimentation

phosphore

boîtier

lentille

Pad thermique

PERFORMANCES

Flux

Efficacité

Angle d'émission

Qualité spectrale

Résistance th.

Vf

T°C jonction

Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

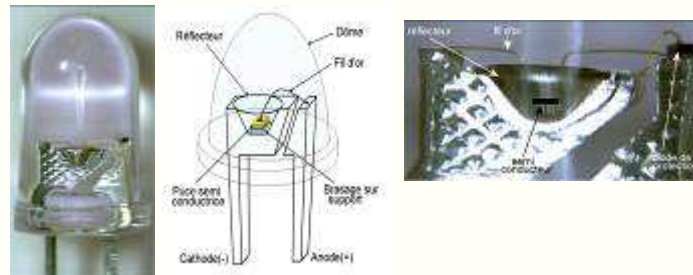
Évolutions passées

Limites Physiques

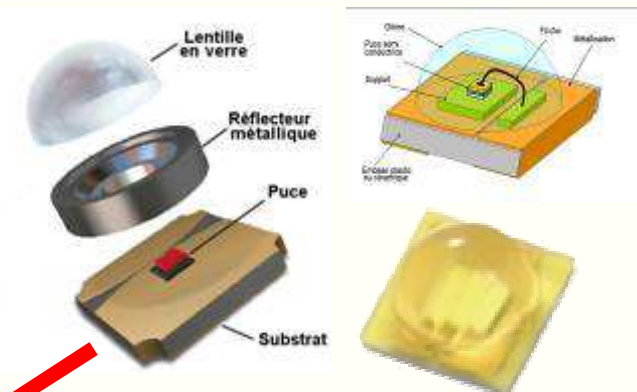
Perspectives

ANSES

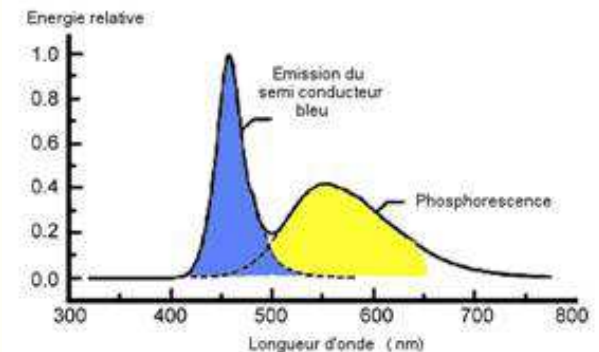
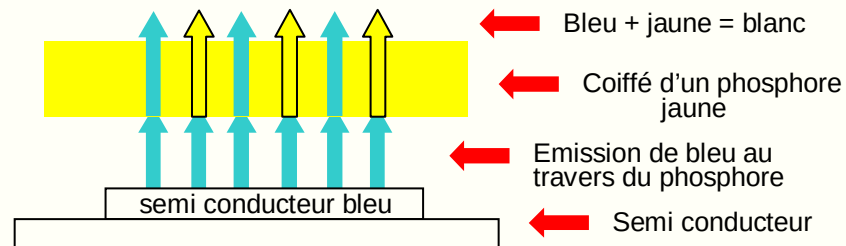
Ancienne génération : 5mm
Composants traversants



Nouvelle génération : CMS
Composants montés en surface



Une idée identique au départ : la fluorescence





La technologie à LED : Fabrication d'une LED

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

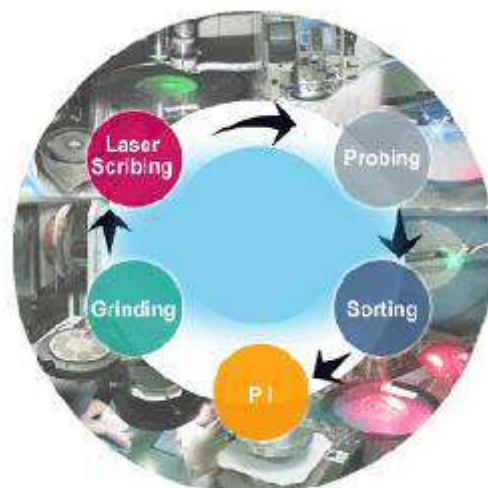
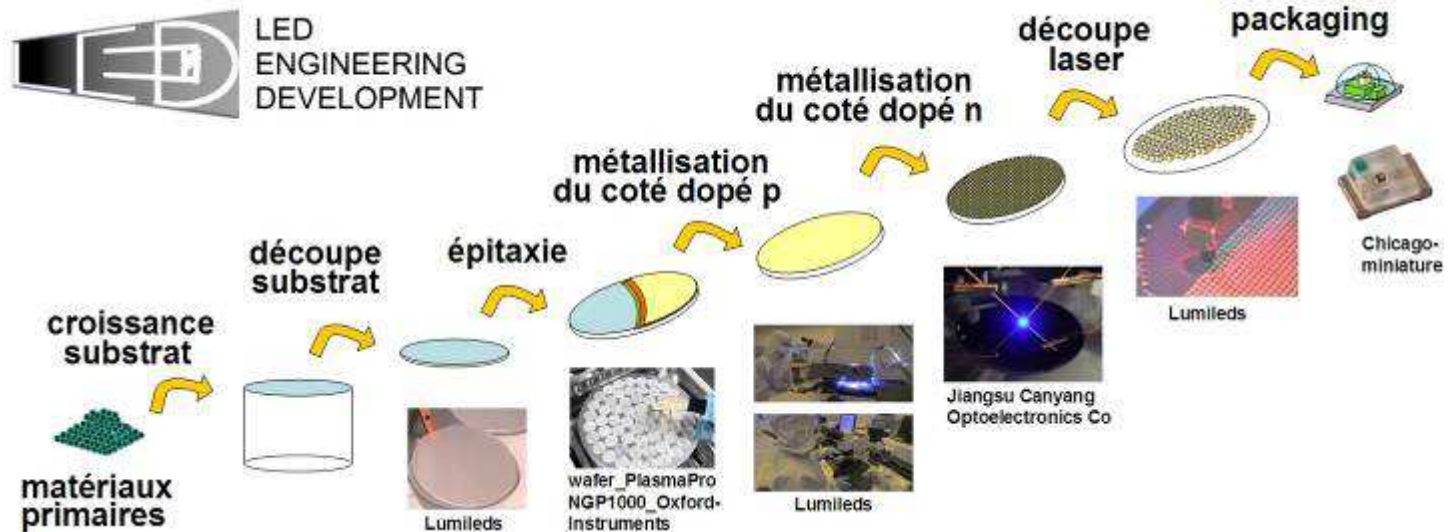
Points à noter

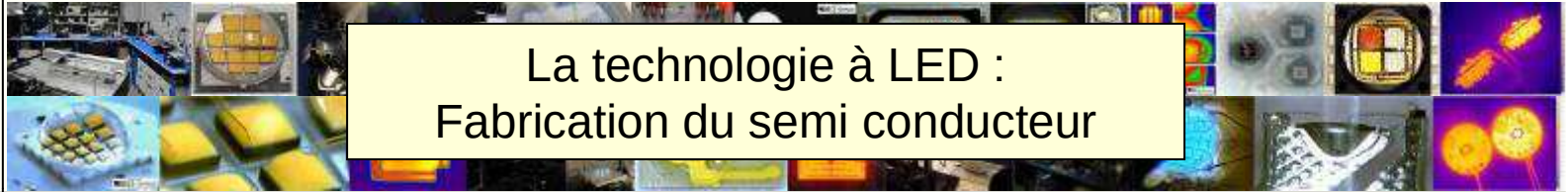
Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES





La technologie à LED : Fabrication du semi conducteur

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

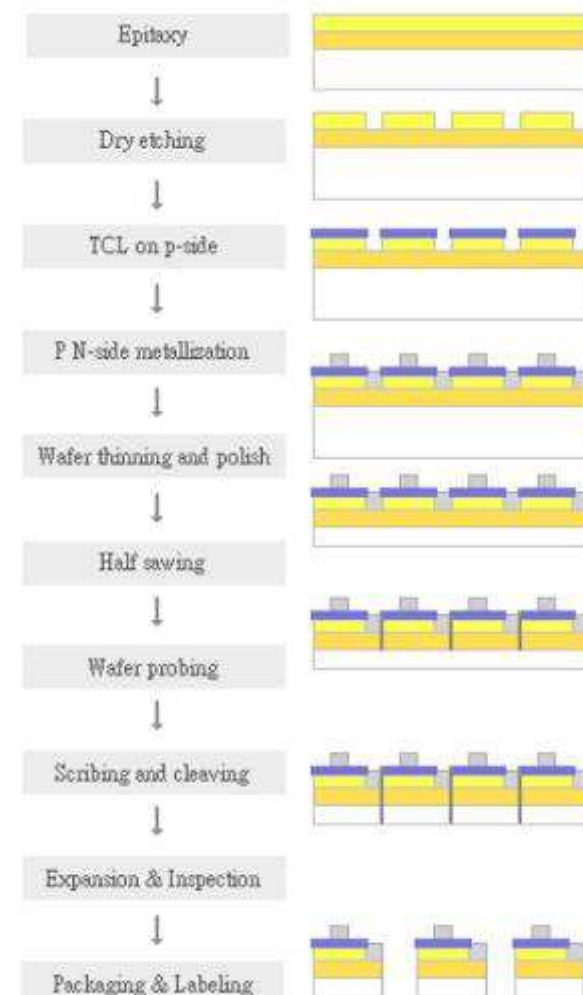
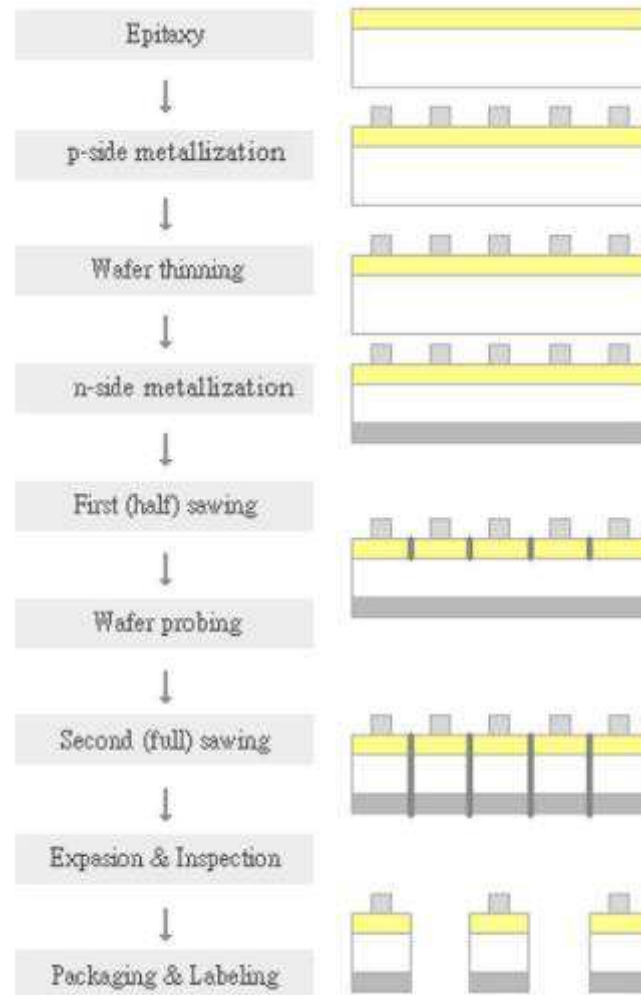
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Techno Verticale ou latérale



La technologie à LED : Fabrication du semi conducteur

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

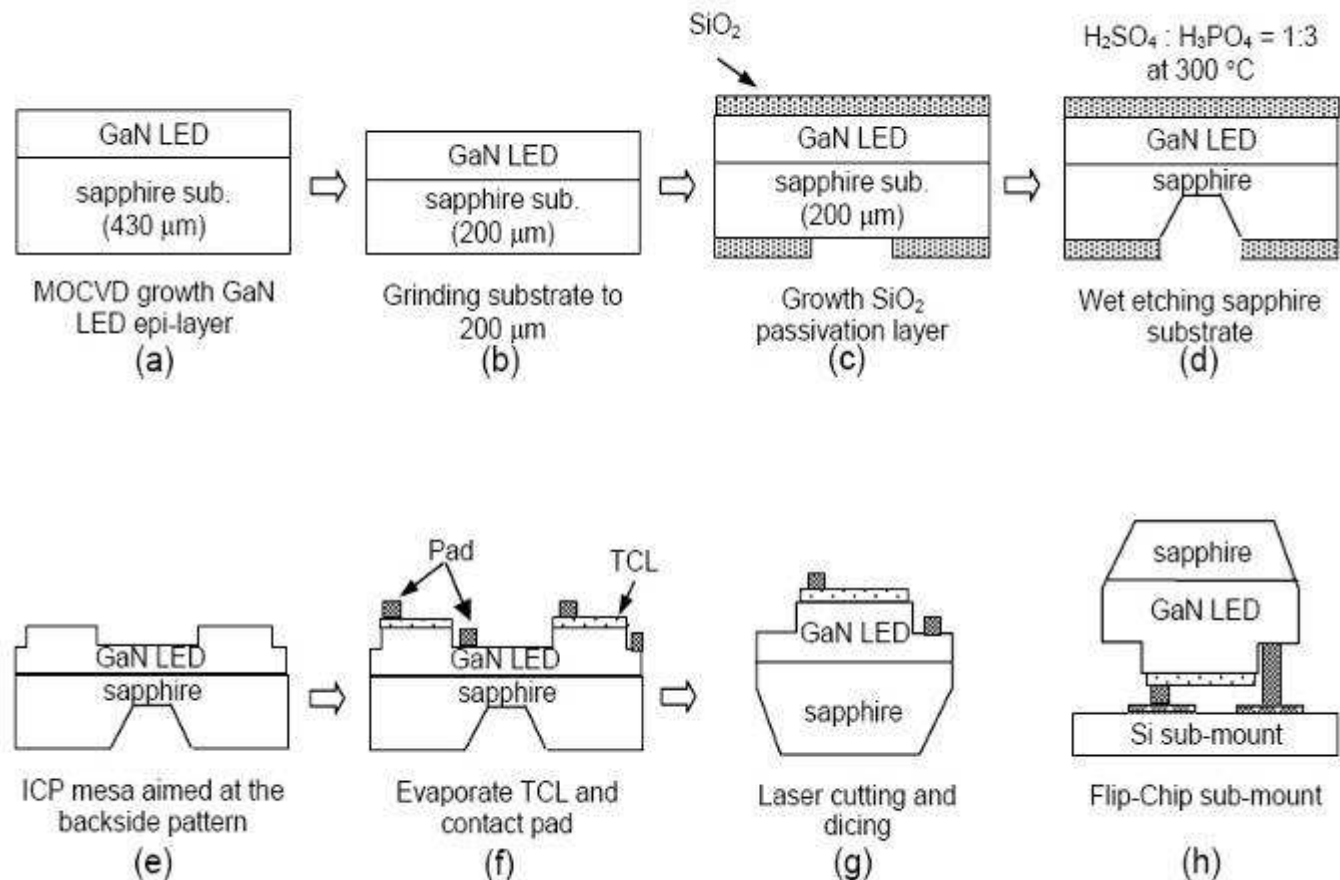
Points à noter

Évolutions passées

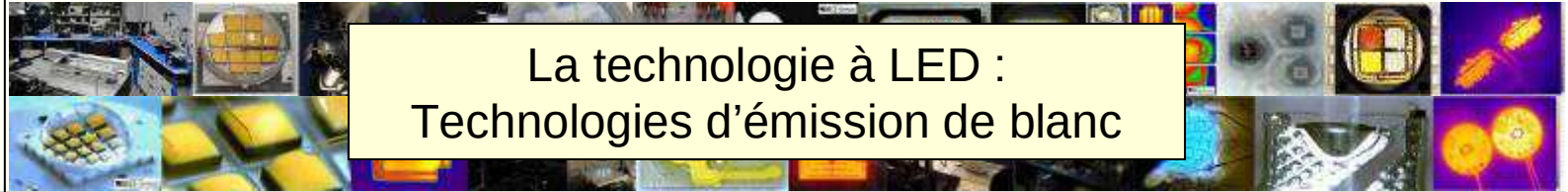
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Techno Flip-chip



La technologie à LED : Technologies d'émission de blanc

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

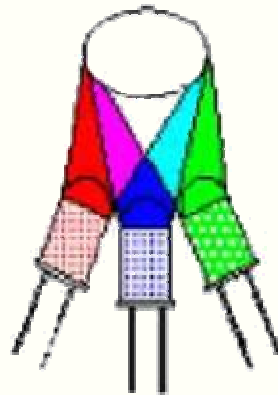
Points à noter

Évolutions passées

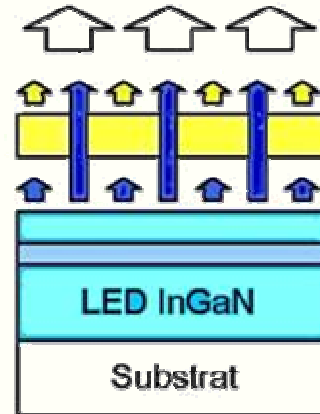
Limites Physiques

Perspectives

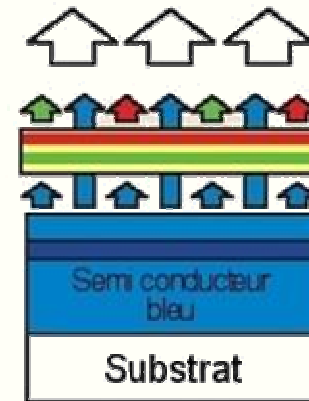
ANSES



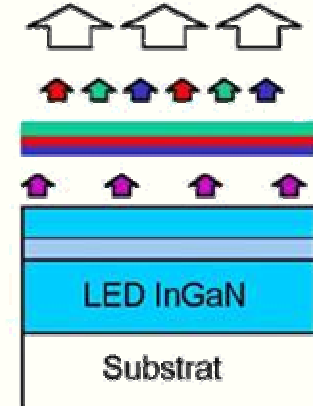
1ere techno
IRC moyen



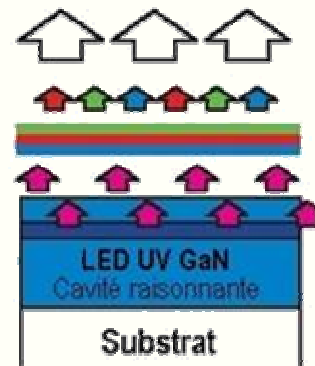
Techno. la plus courante
IRC moyen/correct



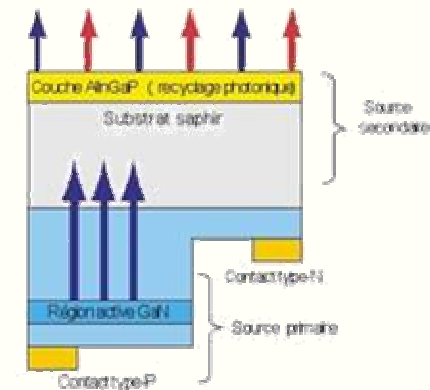
Multi phosphores
CCT plus chaude
IRC moyen-bon



Multi phosphores
IRC bon
Production d'UV



Techno. plus marginales





Les Ordres de grandeurs - unités



Présentation L.E.D
Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Flux : en lumen (lm)

Efficacité : en lumen par W (lm/W)

Éclairement : en lux (lx)

Intensité lumineuse : en candela (cd)

IRC (indice de rendu des couleurs) : pas d'unité

Luminance : en candela par m² (cd/m²)

IP (indice de protection) : sans unité

Résistance thermique (Rth): en degrés par Watt (°W)



LEDs : Etat de l'art

3/10) Les Fabricants de LEDs

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

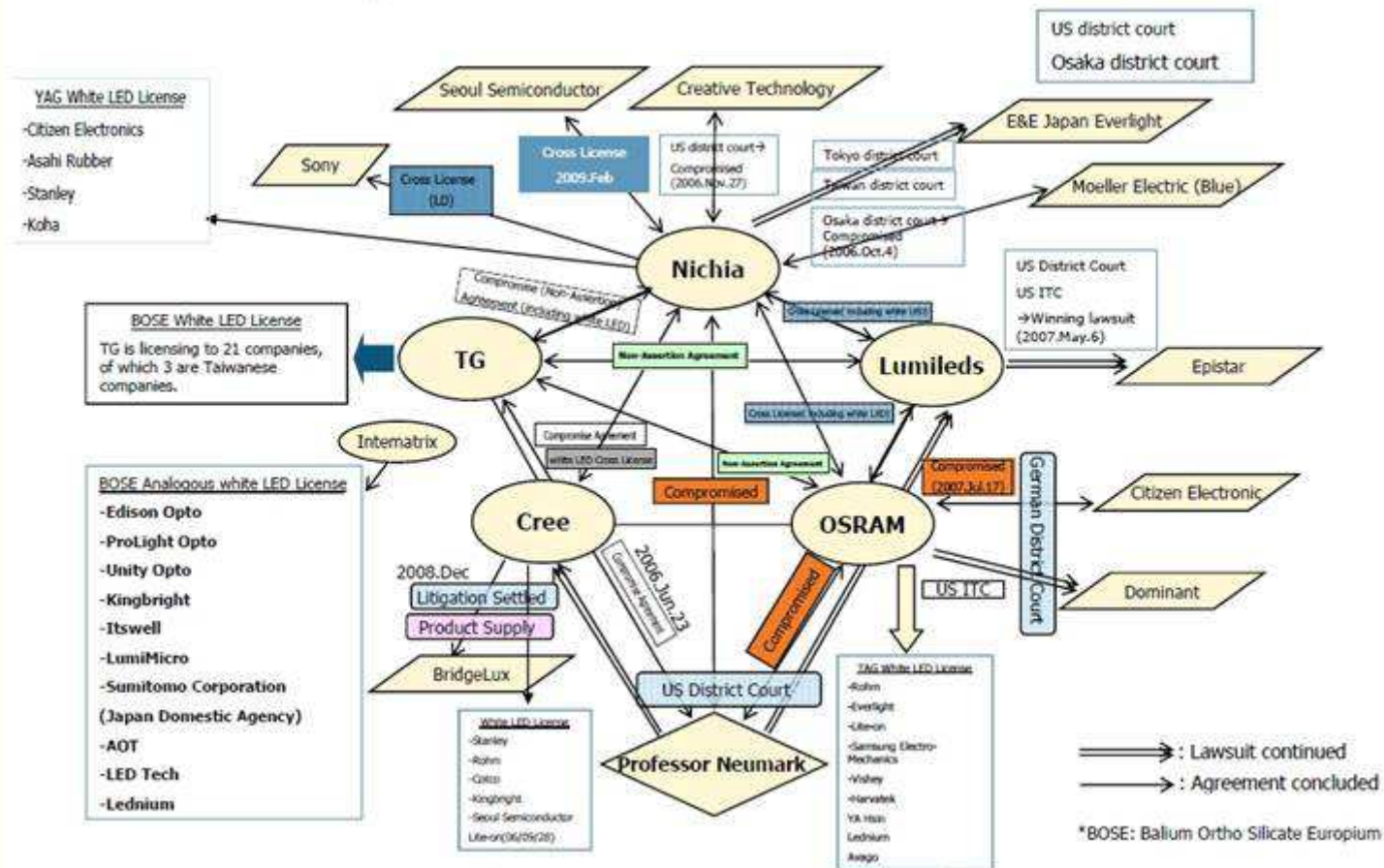
Points à noter

Évolutions passées

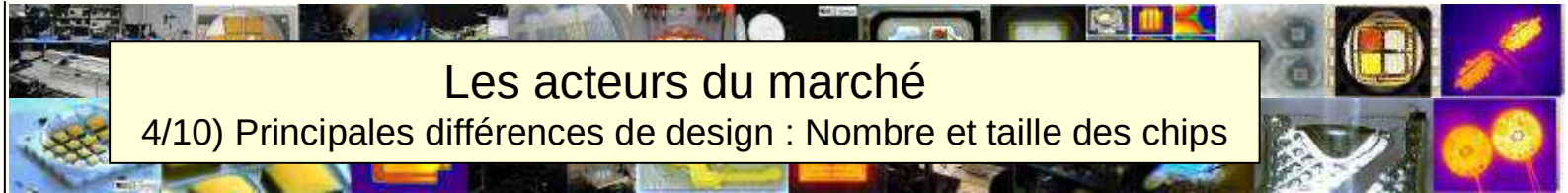
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- 5 « major » du marketing
- 20 acteurs de qualité
- Plusieurs centaines d'encapsuleurs



Les acteurs du marché

4/10) Principales différences de design : Nombre et taille des chips

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

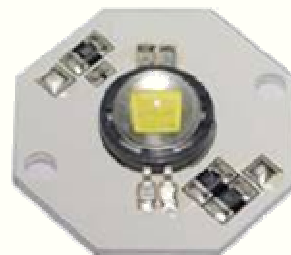
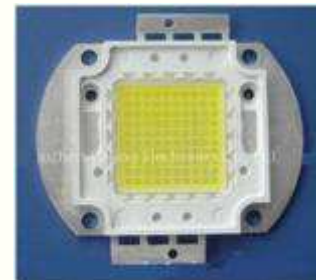
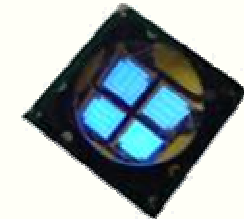
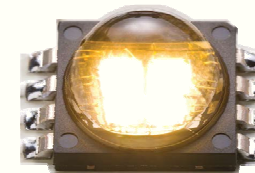
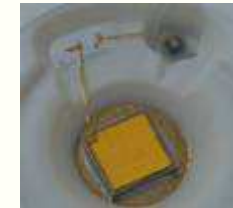
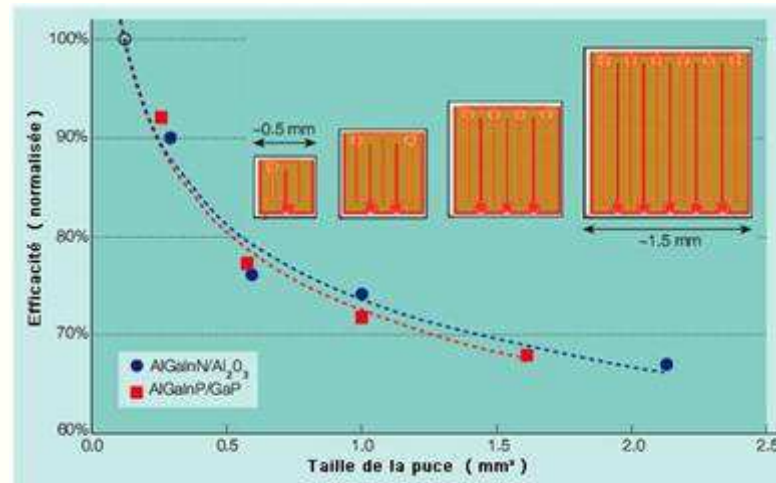
Points à noter

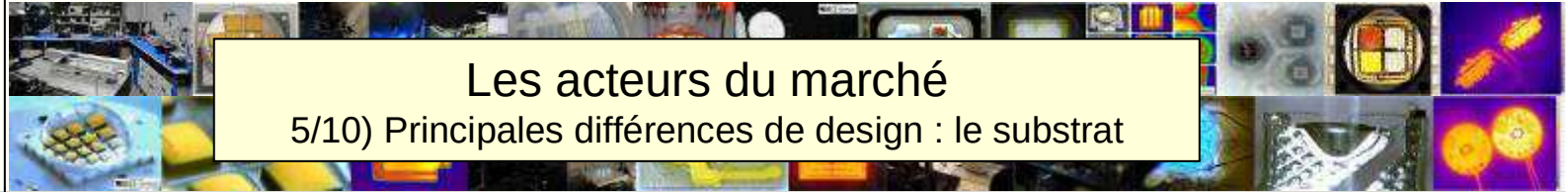
Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES





Les acteurs du marché

5/10) Principales différences de design : le substrat

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- Substrat Saphir (Al_2O_3)
 - Faible coût (autour de 3\$/cm²)
 - Plus transparent
 - Basse conductivité thermique (40W/m.K)

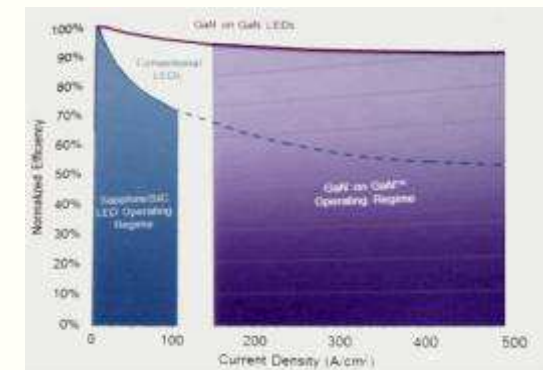
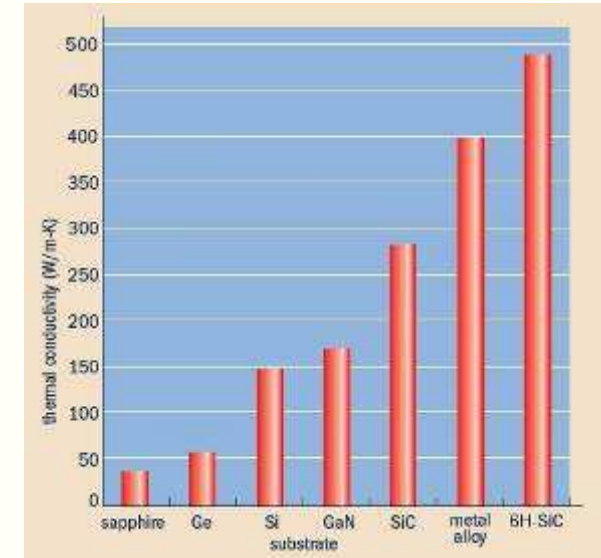
➡ Lumileds, Nichia, TG

- Silicon Carbide (SiC)
 - Plus cher (autour de 12\$/cm²)
 - Meilleure protection ESD
 - Bonne conductivité thermique (490 W/m.K)
 - 90% de la production mondiale dédiée aux LEDs bleues/blanches

➡ CREE et OSRAM

- Substrat Si et GaN
 - Nouveaux types
 - Acceptant des plus hautes densités de courant
 - Bonne conductivité thermique

➡ Sorra, Lattice power





Les acteurs du marché

6/10) Principales différences de design : l'alimentation

Présentation L.E.D

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat

alimentation

phosphore

boîtier

lentille

Pad thermique

PERFORMANCES

Flux

Efficacité

Angle d'émission

Qualité spectrale

Résistance th.

Vf

T°C jonction

Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

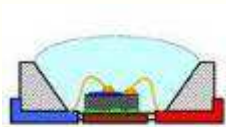
Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

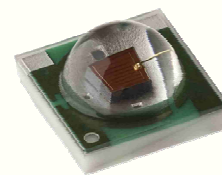
ANSES

Technologie
à 2 fil d'or



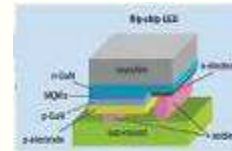
Lumiled,
CREE,
Nichia, TG

Technologie à
un seul fil d'or



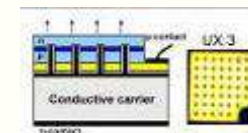
CREE,
OSRAM

Technologie
« Flip chip »



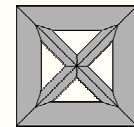
Lumiled

Technologie
« via »



Osram

Direct attach



CREE



Les acteurs du marché

7/10) Principales différences de design : le dépôt de luminophore

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

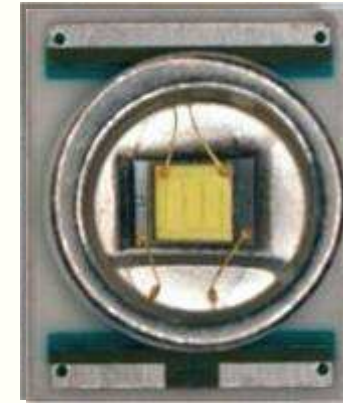
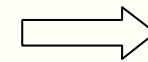
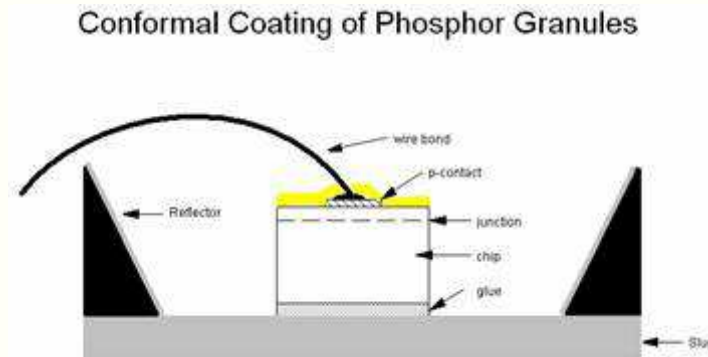
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- Efficacité sous différents angles
- Uniformité spectrale





Les acteurs du marché

8/10) Principales différences de design : Le type de boîtier

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

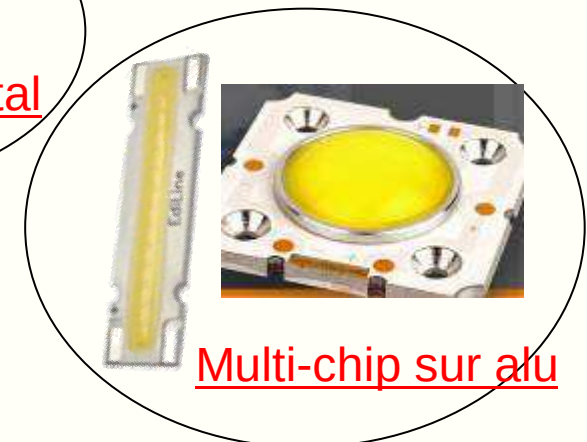
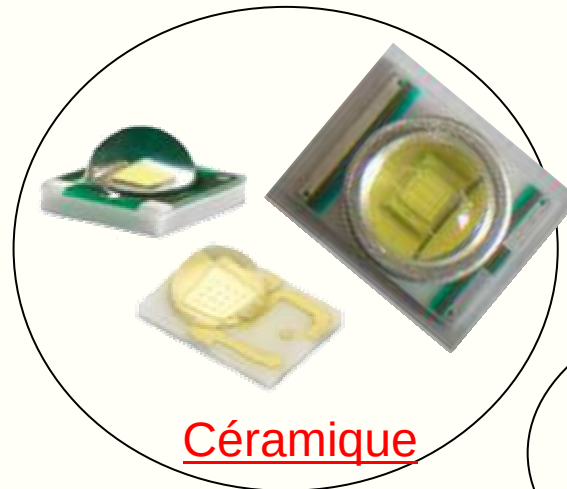
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES





Les acteurs du marché

9/10) Principales différences de design : Le type de lentille

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

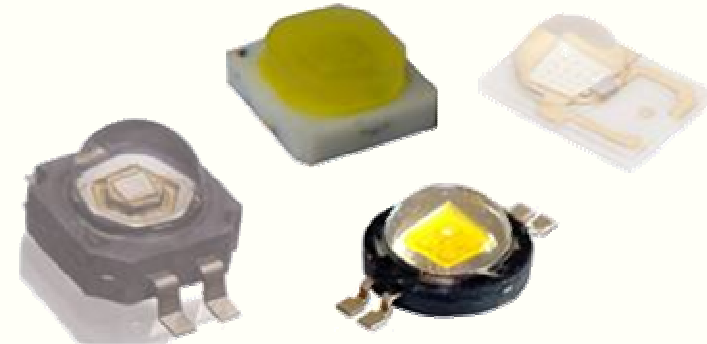
Limites Physiques

Perspectives

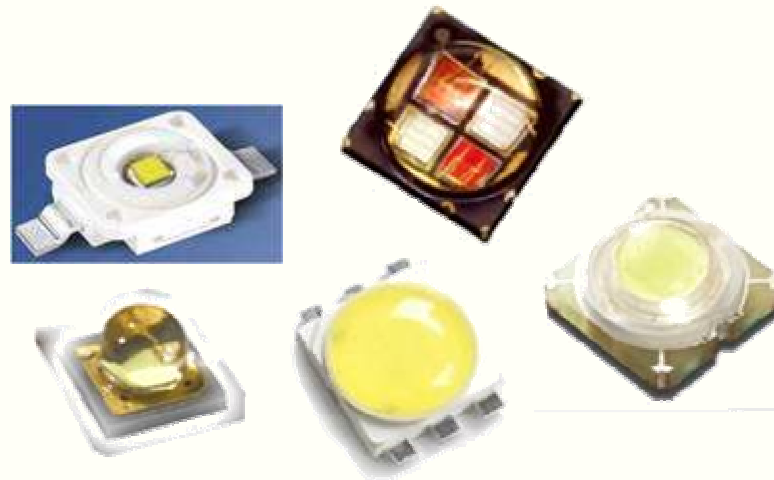
ANSES



Résine époxy transparente



Lentille silicone



Lentille résine



Lentille de verre



Les acteurs du marché

10/10) Principales différences de design : méthode de dissipation

Présentation L.E.D
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille

Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
 V_f
 $T^\circ\text{C}$ jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

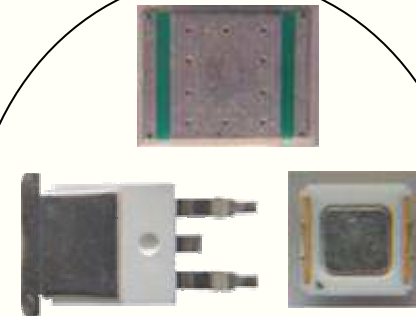
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Anode connectée
au pad



Pad
électriquement
isolé



Pad = non
neutre



Pad = Anode
+ Cathode



Les performances des LED

Introduction

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

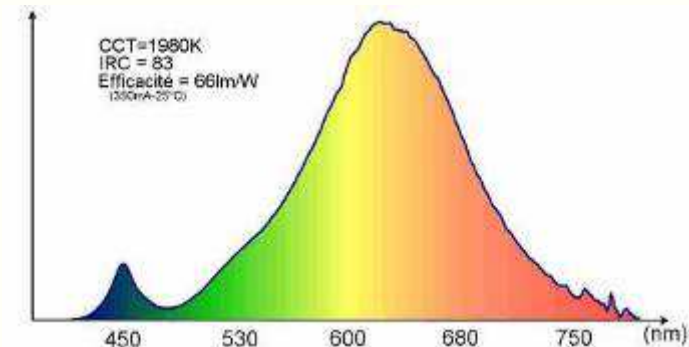
Limites Physiques

Perspectives

ANSES

	Blue + Phosphor (cool white)	Blue + Phosphor (warm white)	Hybrid white LED (warm white)
Structure			
Spectrum			
CCT	5700K	2700K	2700 K
CRI	70	82	90
Relative Efficacy	100%	65%	98 %

Amélioration de l'IRC – SIL (Santa Clara 2011 – Ming-Jiunn Jou, President & CEO EPISTAR)



LED de type bleu + luminophore
(extrait de « Les LED pour l'éclairage – Laurent MASSOL)

Performances spectrales : IRC et CCT

- Blancs chauds (2700-3500K) disponibles désormais
- Qualité des composants permet d'atteindre des IRC > 85



Les performances des LED

Différentes technologies, différentes caractéristiques

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

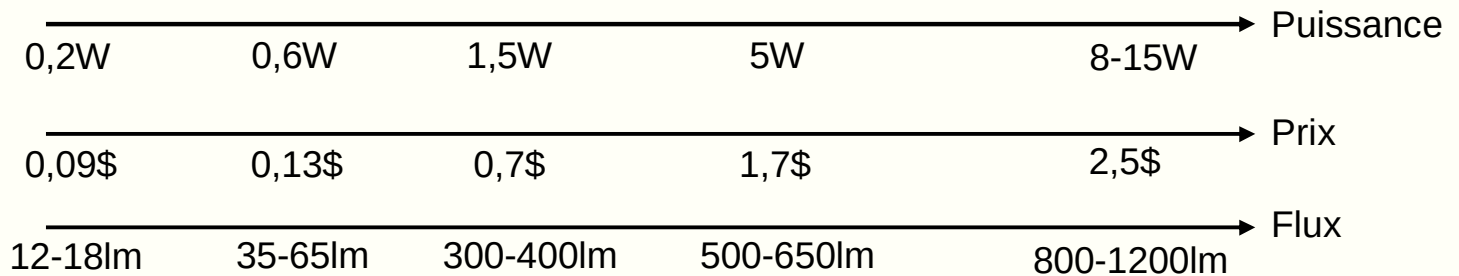
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Performances : quelques informations préliminaires

- Épaisseurs : < 0,3mm jusqu'à 8mm
- Surface des semi conducteurs : <50µm à 2mm de coté
- Prix : < 0,02\$ à plus de 15\$ en volume



Les Performances

1/9) Le flux @ 350mA

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

Flux

Efficacité

Angle d'émission

Qualité spectrale

Résistance th.

Vf

T°C jonction

Prix

Performances Syst.

Maturité

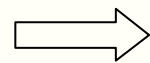
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



90-120lm / LED en neutre 4000K @ 25°C de jonction



Les Performances

2/9) Le rendement

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux

Efficacité

Angle d'émission

Qualité spectrale

Résistance th.

Vf

T°C jonction

Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

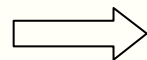
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Rendement (lm/W) de quelques modèles de LED de puissance présents dans le commerce (neutre 4000K, à 350mA, modèles fabriqués en 2011-2012)



80-120 lm/W en blanc neutre



Les Performances

3/9) L'angle d'émission



Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

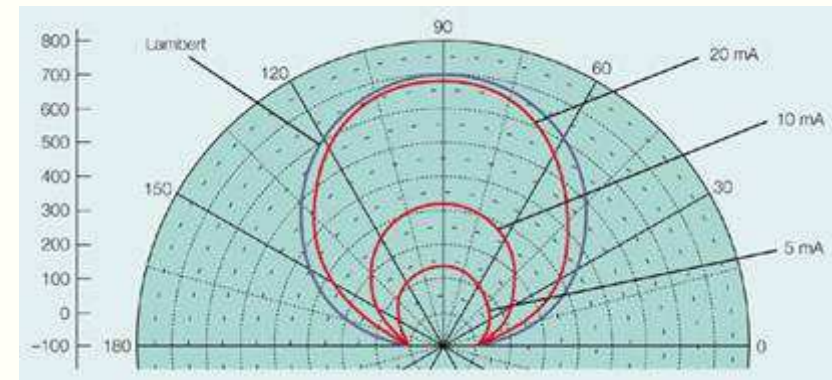
Évolutions passées

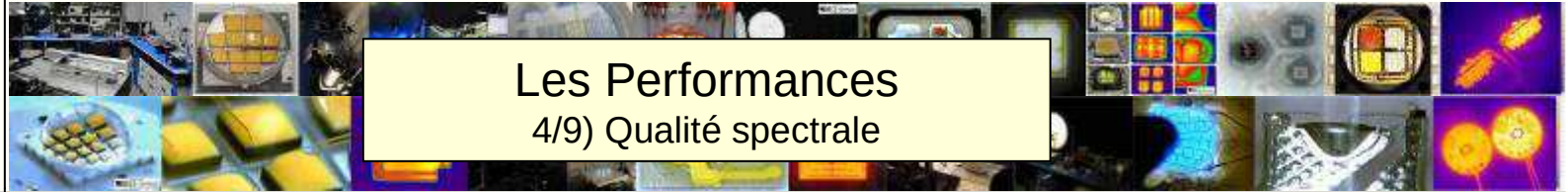
Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- OSRAM jusqu'à 160°
- LUMILED > 140°
- CREE > 110-115°
- SEOUL SEMICONDUCTOR > 120°
- NICHIA > 140°
- AVAGO > 120°
- TOYODA GOSEI > 140°
- LedEngin > 95°





Les Performances

4/9) Qualité spectrale

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

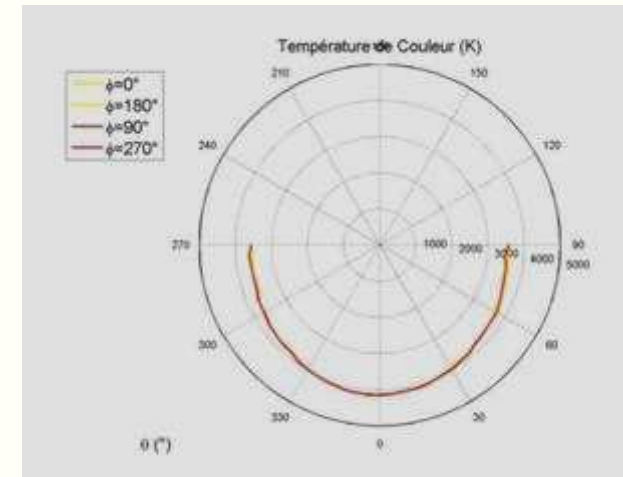
Limites Physiques

Perspectives

ANSES

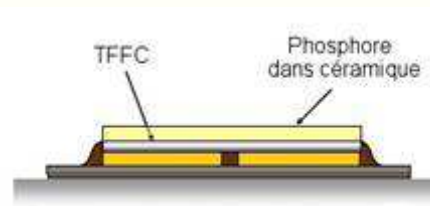
Elle dépend :

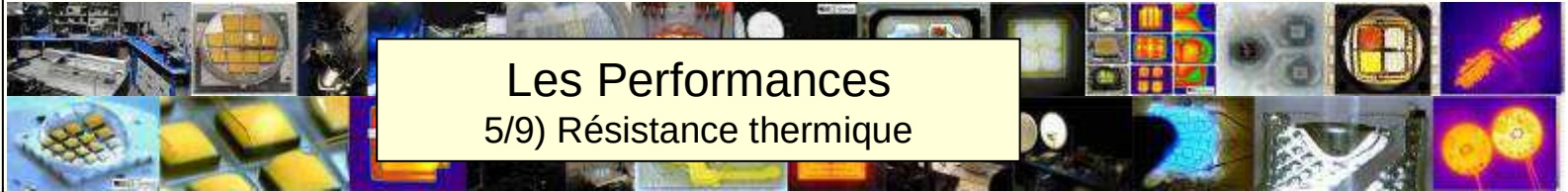
- De la mise en œuvre du phosphore
- De la lentille de protection
- De la l'émission lumineuse du chip
- De la qualité du phosphore



Les Fabricants les plus performants :

- Mise en œuvre du phosphore : Lumileds, Cree, Osram
- Qualité du phosphore : Nichia, Toyoda Gosei
- Maintenance dans le temps : LedEngin





Les Performances

5/9) Résistance thermique

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

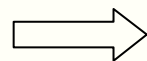
Points à noter

Évolutions passées

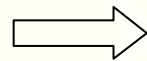
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Efficacité pour l'extraction thermique



Rth dépend du type de boîtier de la LED



Les Performances

6/9) Tension d'alimentation

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.

V_f

T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

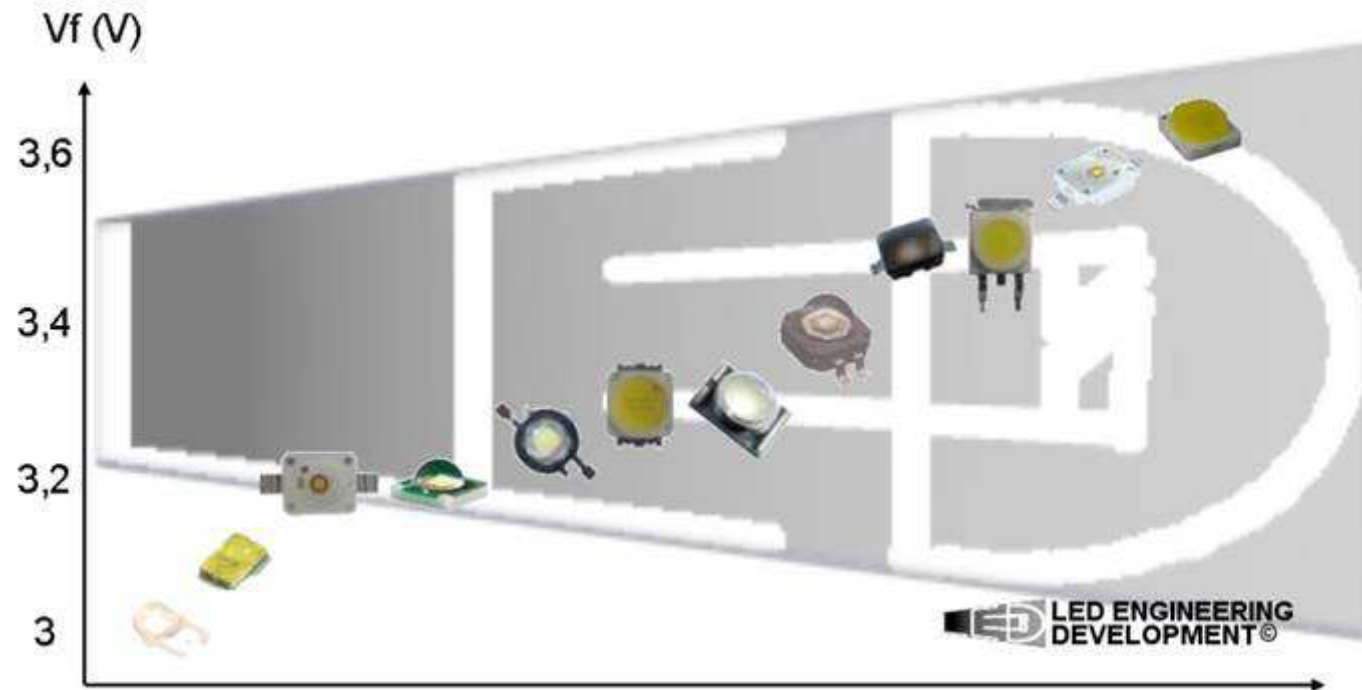
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Évolutions passées

- Proche de 3,8V en 2002
- De 3 à 3,3V actuellement
- Récents progrès : 2,9V
- Dépendance avec T°C

⇒ Amélioration de l'efficacité

Autre Stratégie

- Effort sur le courant de pilotage
- $V_f > 3,7\text{VDC}$



Les Performances

7/9) Température de jonction

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

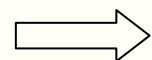
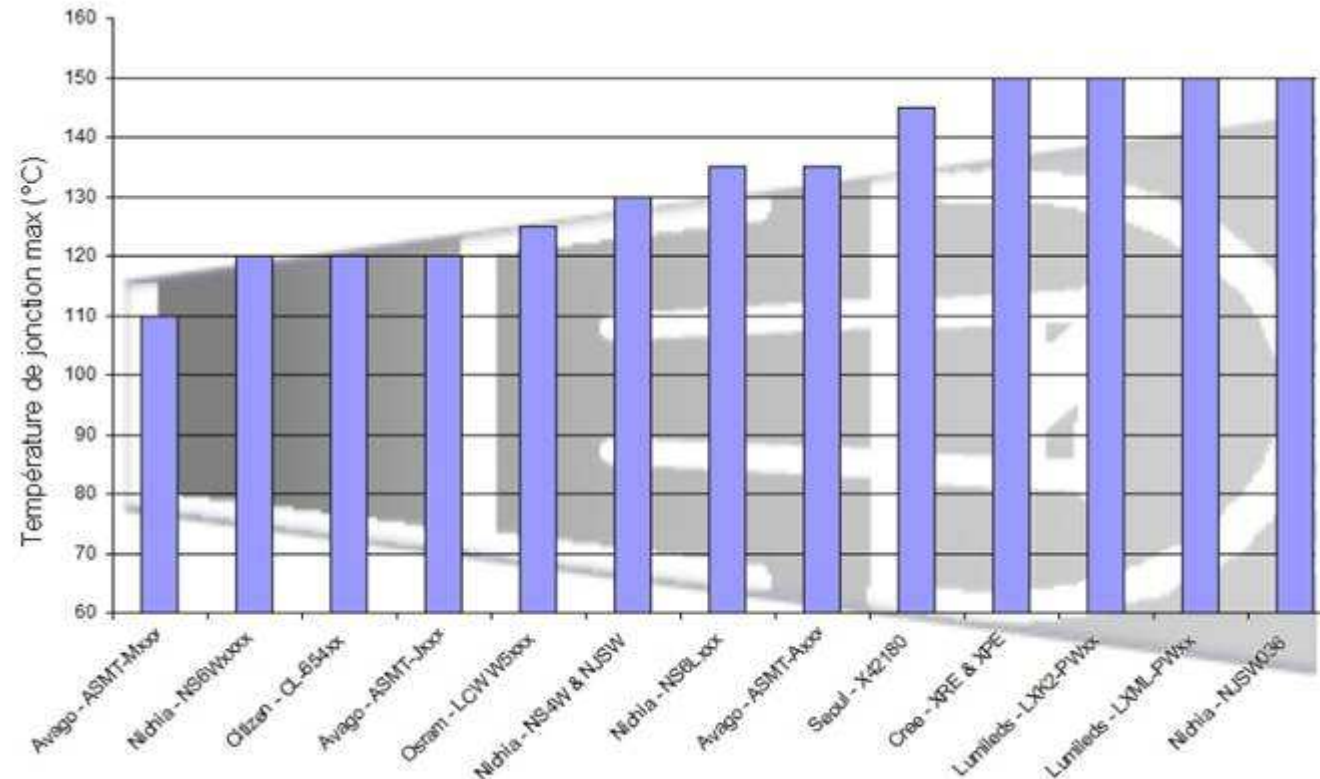
Points à noter

Évolutions passées

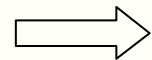
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Différence entre Tj max et Tj max de fonctionnement



Maintient des paramètres optiques : Tj = paramètre crucial



Les Performances

8/9) Coût des LEDs « 1W »

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction

Prix

Performances Syst.

Maturité

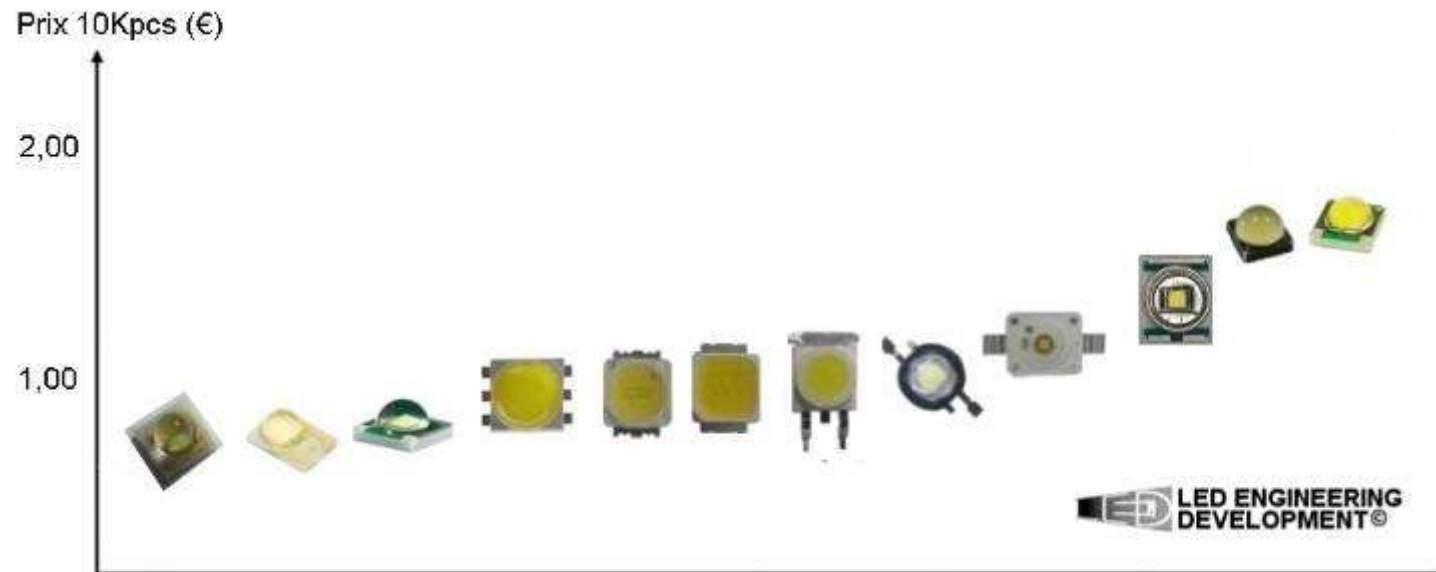
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

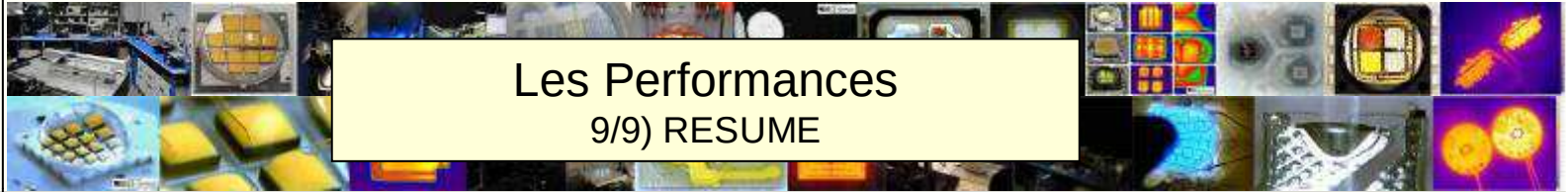
ANSES



➡ 1€ / LED en blanc neutre pour 10Kpcs

➡ 0,5\$ / LED en blanc neutre pour 1Mpcs

➡ Solution complète entre 7 et 70€ / 100 lm



Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- Efficacité > 100lm / W
- Angle d'émission > 100°
- Température de jonction > 150T°C
- IRC > 85 (identique au tube fluo)
- Prix < 1€ pour 100 lumens
- Durée de vie > 40000h

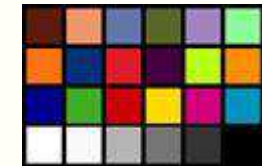
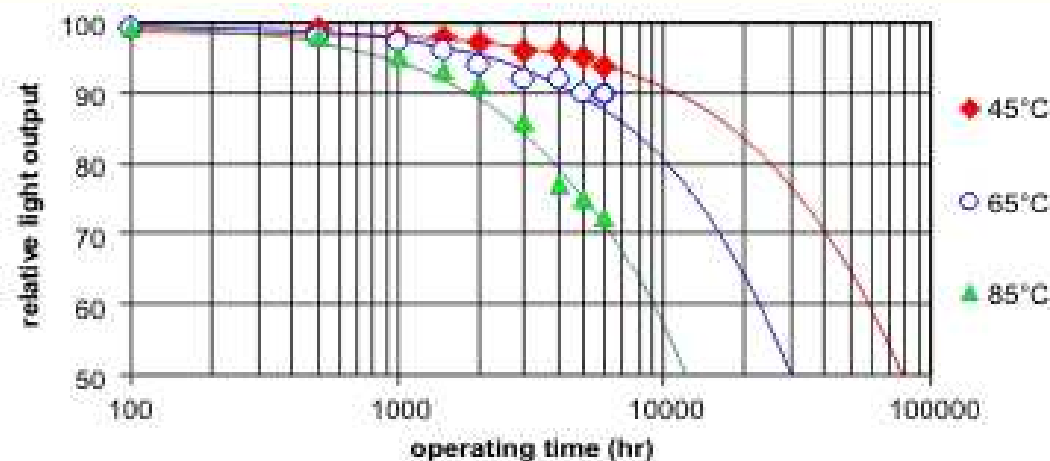


Image initiale



6500K – IRC=85

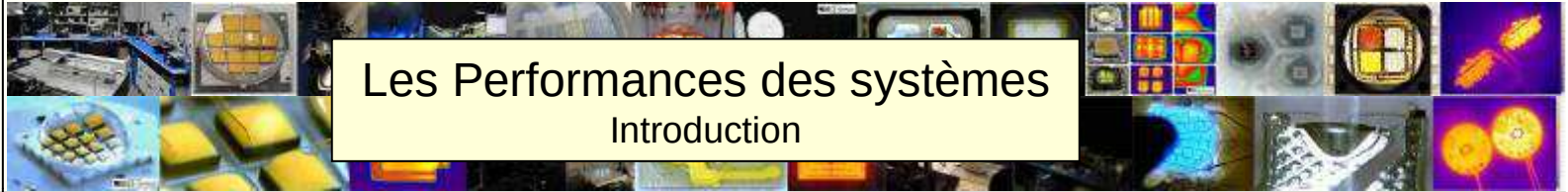


6500K – IRC=95



Les Performances des systèmes

Introduction



Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

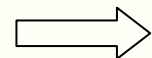
Points à noter

Évolutions passées

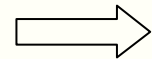
Limites Physiques

Perspectives

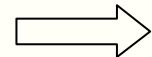
ANSES



Les rendements constatés sont très variés



La mesure de ces rendements nécessite des moyens onéreux

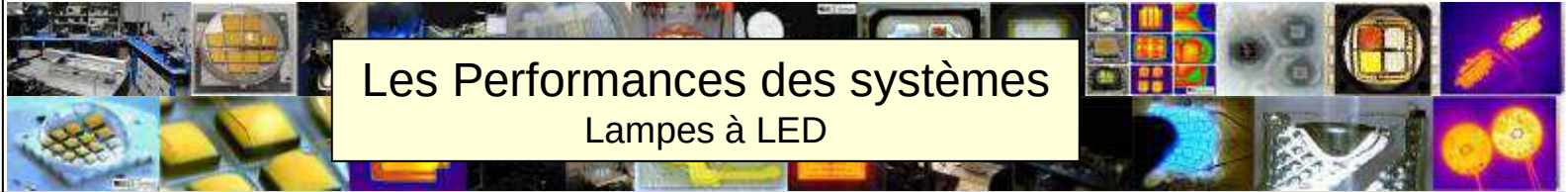


Beaucoup d'informations sont fausses ou manquantes





Les Performances des systèmes Lampes à LED



Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité
Points à noter
Évolutions passées
Limites Physiques
Perspectives
ANSES



Photo de lampes à LED (Les LED pour l'éclairage – Laurent MASSOL)

Les rendements constatés : de 40 à 80 lm/W (3000K)

Qualité colorimétriques variables : IRC de 60 à plus de 90

Durées de vie allant de 6000 à plus de 20000h

Prix : [3\$ - 45\$]



Les Performances des systèmes Luminaire de couloir

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Luminaire à LED pour
bâtiments publics

Systèmes avec ou sans détecteur de présence

Rendements des systèmes > 60 lm/W

IRC > 75 voir 80

Durées de vie (électronique comprise) > 30000h



Les Performances des systèmes Down-light

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Down light en remplacement des fluo compactes 18W

Système à « remote-phosphore » ou non

Rendements des systèmes de 50 à 70 lm/W (3000-4000K)

IRC de 70 à 90

Durées de vie (électronique comprise) comprises entre 15000 et 35000h

Prix des modules intégrés au luminaire : [20 ; 45] €



Maturité des luminaires à LED

Doit-on mettre des LED partout ?

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

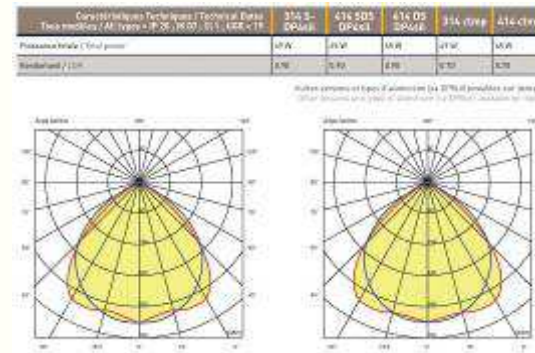
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

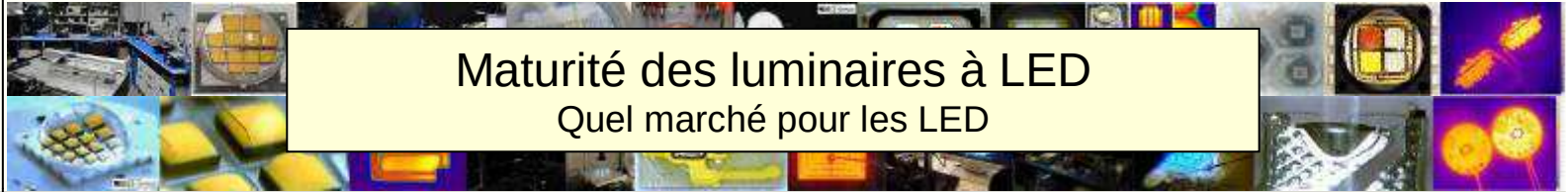


- LOR (Light output Ratio) = 0,7 – 0,9
- T5 : > 90-100 lm/W
- Prix d'un tube : 2-5€
- Durée de vie : 8000 – 12000 h
- Néanmoins, technologie intéressante (JAPON)



Maturité des luminaires à LED

Quel marché pour les LED



Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Doit-on fabriquer à son image où en adéquation avec le besoin ?



Durée de vie attendue pour cette application ?

> 6000h..... pas 50000h !

6000h de fonctionnement = 300 000 Kms.....



Durée de vie > 20000h

Efficacité système > 75lm/W

Qualité de la couleur : « équivalent à un IRC de 80 »

Prix attractif



Maturité des luminaires à LED

Quel marché pour les LED

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Applications	Sous Applications	Perf-2012	2012	2013 - 2015
Éclairage public	Routier	80lm/W		
	Voies intra muros	80lm/W		
	Résidentiel	70lm/W		
Signalétique	Enseignes lum	30Kh		
	Balisage	40-50Kh		
Architectural	Extérieur déco	40-50Kh		
	Intérieur déco	4000K – 70lm/W		
	Projecteur ext.	80lm/W		
Éclairage général	bureaux	4000K – 75lm/W		
	Zones de passage	100lx		
	Intérieur habitation	4000K – 75lm/W		
	Zones industrielles	6000K – 80lm/W		
Éclairage industriel	Vision indus	100 000lx		
Médical	Détection - curatif	5-10mW		





Maturité des luminaires à LED

Éclairage intérieur : de réelles possibilités

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- rétro éclairage et alcove

- Plafonnier

- Down light

- Lampe de type bulbe

- Éclairage type dichroïque

- Balisage





Maturité des luminaires à LED

Éclairage extérieur : du balisage à la résidence

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

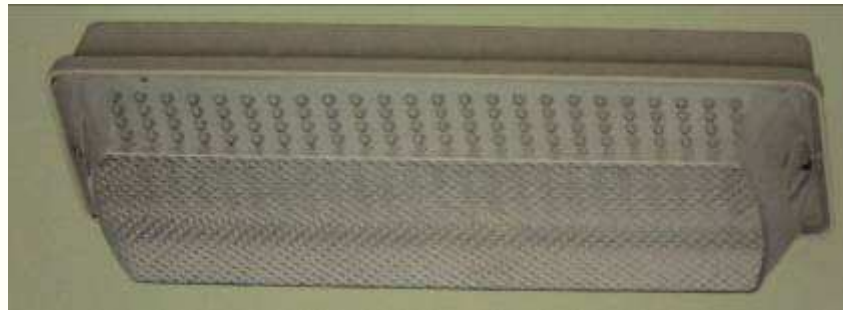
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- éclairage de sécurité
- balisage mural
- candélabre résidentiel
- Projecteur architectural



Courtesy IC GmbH





Maturité des luminaires à LED Éclairage public



Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

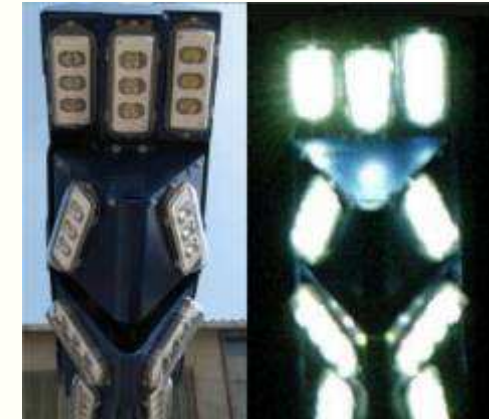
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



- éclairage routier
- Zones publiques de passage
- Rues « à faible vitesse »
- Places, jardins publics





De la technique à la pratique

1/4 les points clé à relever

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- Qualité de la LED : Référence / Fabricant



- Type / Qualité de support (Circuit) sur lequel sont les LEDs

- Montage des composants





De la technique à la pratique

2/4 les points clé à relever (suite)

Technologie à LED

Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

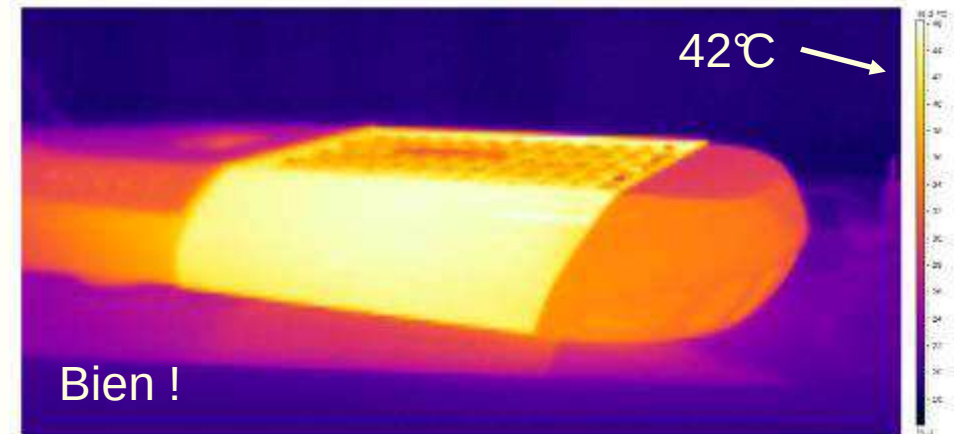
Limites Physiques

Perspectives

ANSES

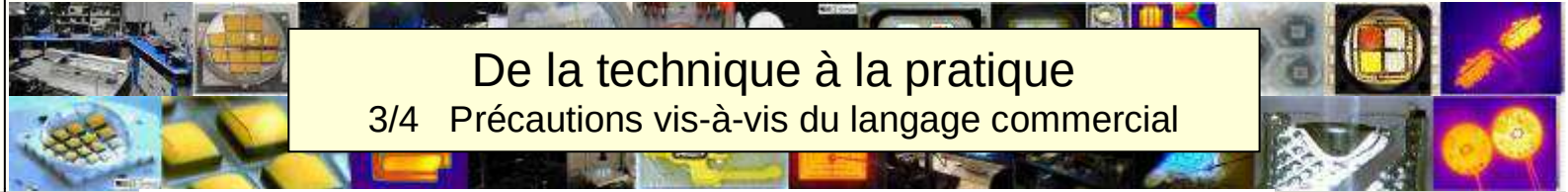
- Qualité des alimentations embarquées

- Dissipation thermique de l'ensemble avec séparation de la partie alimentation



- Protection « haute tension »
- Redondance ou protection contre ouverture du circuit
- Dialogue et interactivité
- Eclairer « JUSTE » mais éclairer tout de même !





De la technique à la pratique

3/4 Précautions vis-à-vis du langage commercial

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Inconvénients

• Inconvénients

– Prix unitaire (ordre de grandeur)

- SHP 0.3 € / klm
- IM 3 € / klm
- LED 30 € / klm

– Densité de lumière

- | | W | mm ² | lm | lm/mm ² |
|-------|-----|-----------------|-------|--------------------|
| • SHP | 100 | 100 | 10000 | 100 |
| • IM | 100 | 30 | 9000 | 300 |
| • LED | 1.1 | 0.01 | 100 | 10000 |

– Luminance élevée – risque d'éblouissement – attention au design optique

– Recyclage ???

– Maintenance : attention au remplacement de composants qui évoluent très vite

– Normalisation absente

• Difficultés

– Management thermique : contrôle de la température de jonction

– Alimentation électrique : contrôle permanent (350mA pour environ 1.1 W) adapté à l'impédance réelle de la source

Présentation au
syndicat de l'éclairage
– Metz dec. 2009

Par le directeur R&D de la société XXXXXX : "1mm x 1mm = 0,01mm² car 1mm c'est 0,1cm" !!!

• Meilleures efficacité composants = 120lm/W

➡ Au-delà de 80lm/W système : méfiance + questions

➡ Au dessous de 40lm/W système : méfiance tout court !



Des installation à grande échelle existent-elles?

4/4 Parsemées en France, importantes ailleurs

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

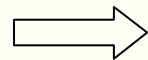
Points à noter

Évolutions passées

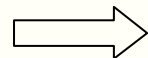
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



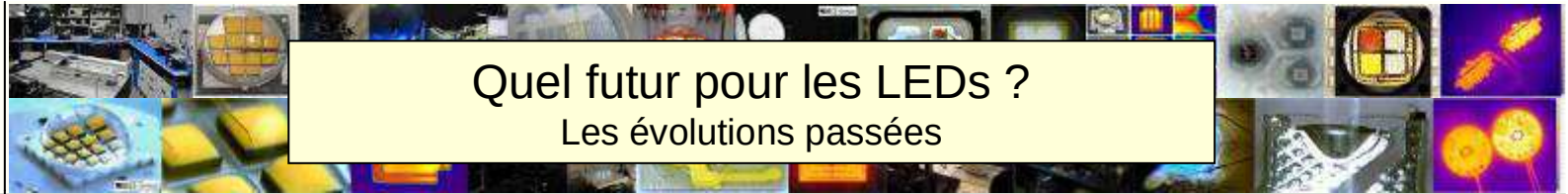
Installation octobre 2011 à SHENZHEN



Augmentation du coût de l'énergie + Projet



Retour sur investissement su bout de 4ans !



Quel futur pour les LEDs ? Les évolutions passées

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

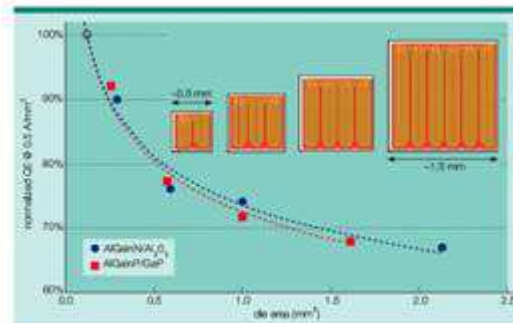
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

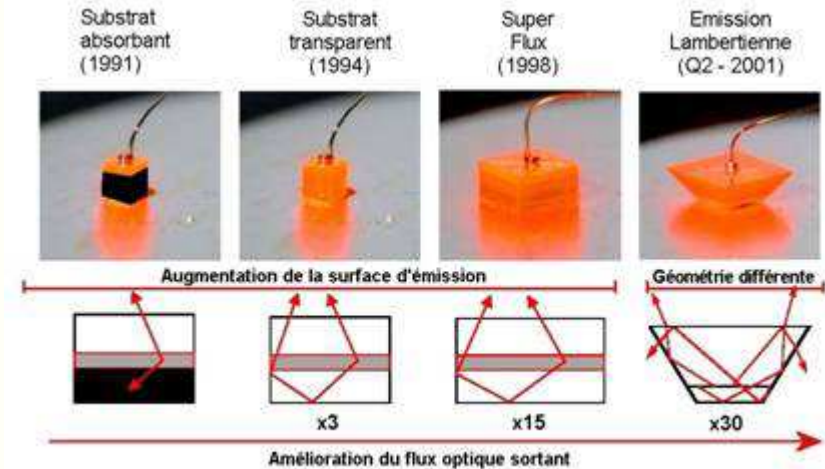
Perspectives

ANSES

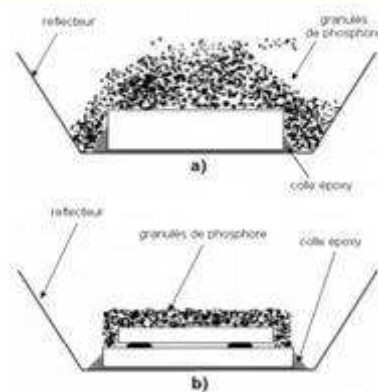


The quantum efficiencies of AlGaInP and AlGaInP chips fall significantly as the die area is increased, mainly because less light is emitted from the sidewalls of the chip. Image: LUMILEDS.

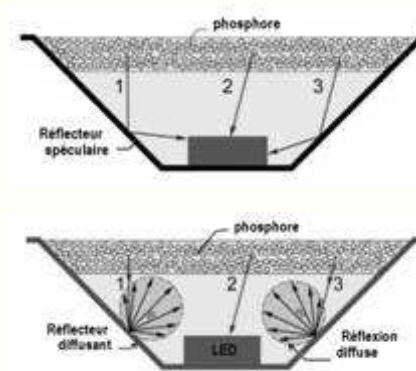
Dimension du semi conducteur



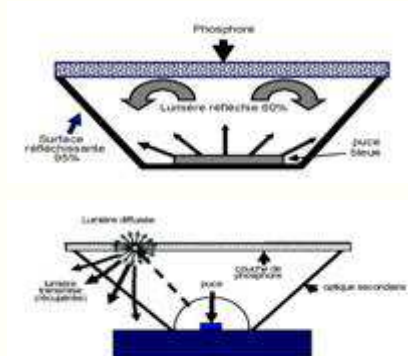
Géométrie du semi conducteur



Dépôt de phosphore



Propriétés du réflecteur



Optique secondaire



Quel futur pour les LEDs ? Les évolutions passées

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

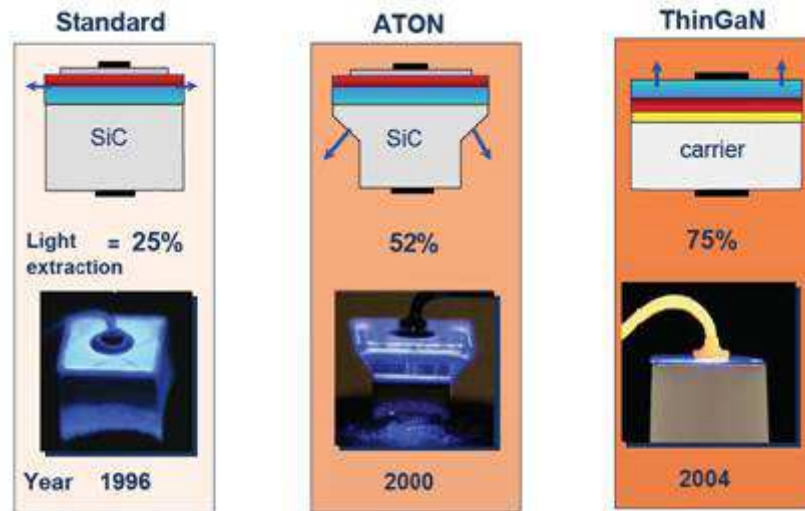
Points à noter

Évolutions passées

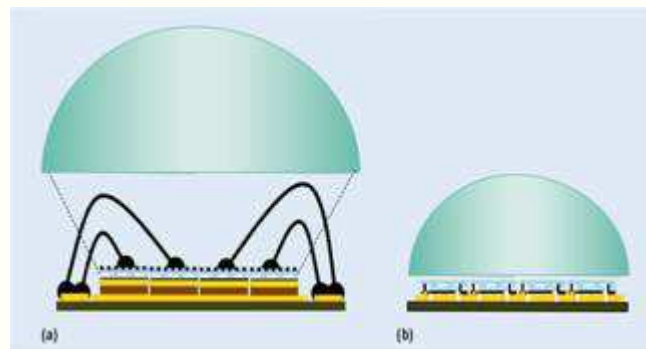
Limites Physiques

Perspectives

ANSES

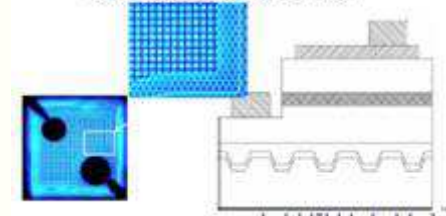


Dimension de semi conducteur & architecture



Mise en œuvre de Semi conducteur
Optique plus rapprochée

Nichia AlInGaN patterned substrate and mesh electrode LED



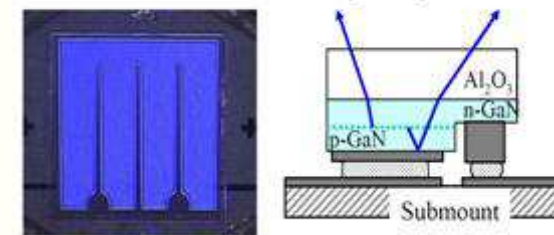
Electrodes spécifiques

OSRAM AlGaInP Micro-mirror LED



Micro miroirs

Lumileds AlInGaN Flip-Chip LED



Mise en œuvre de Semi conducteur



Quel futur pour les LEDs ? Les évolutions passées

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

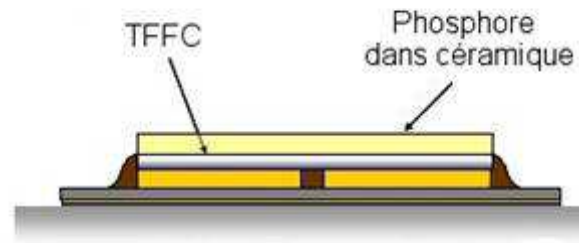
Points à noter

Évolutions passées

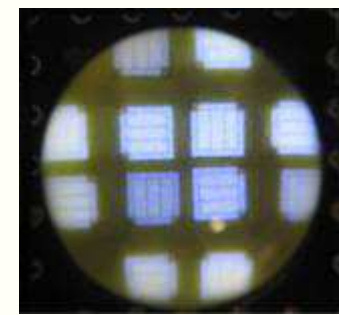
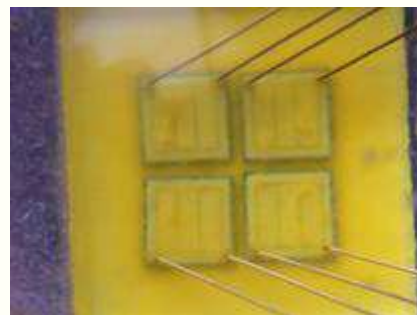
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Encapsulage du phosphore → Efficacité / Durée de vie



LEDs Multi chip → du flux par de bonnes encapsulations



Quel futur pour les LEDs ? Les évolutions passées

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

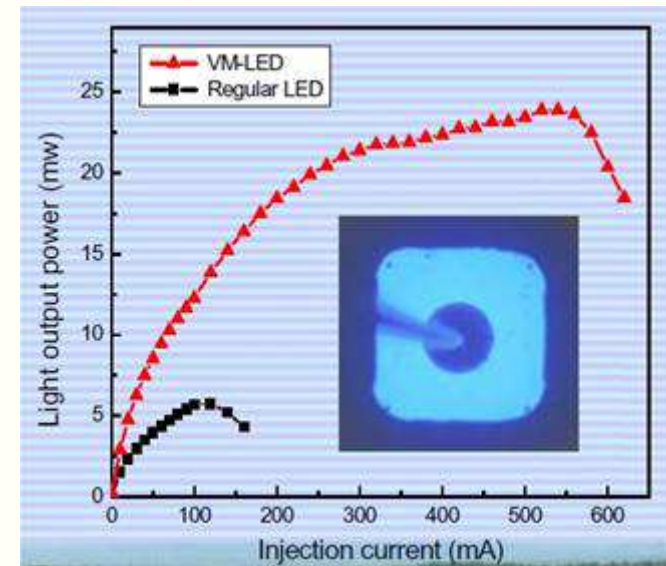
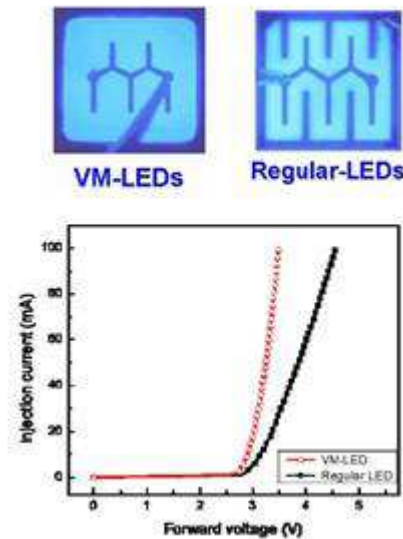
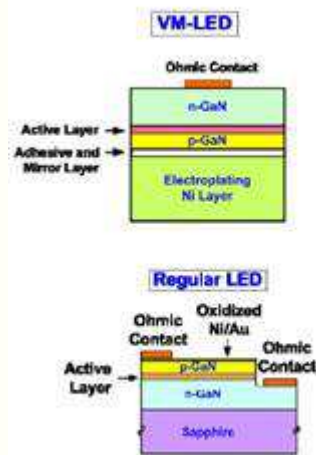
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Vetical Structure Metal substrate LED

Architecture améliorée → de l'efficacité



Quel futur pour les LEDs ? Les évolutions passées - PRESENT

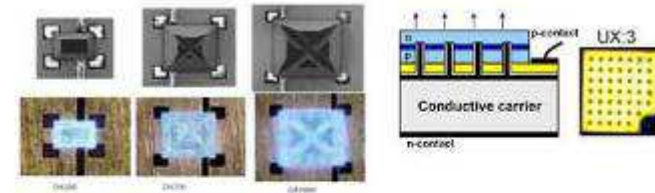
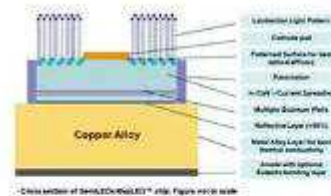
Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

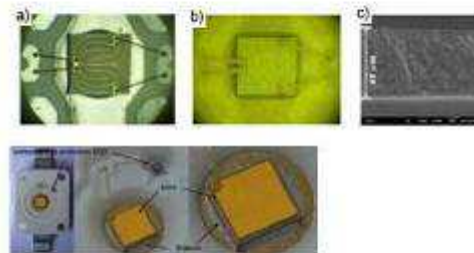
PERFORMANCES
Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.
Maturité
Points à noter
Évolutions passées
Limites Physiques
Perspectives
ANSES

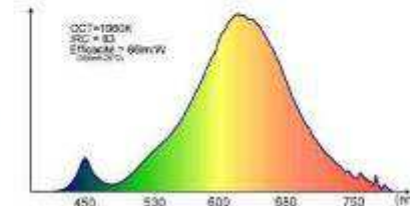
Au niveau de
la puce

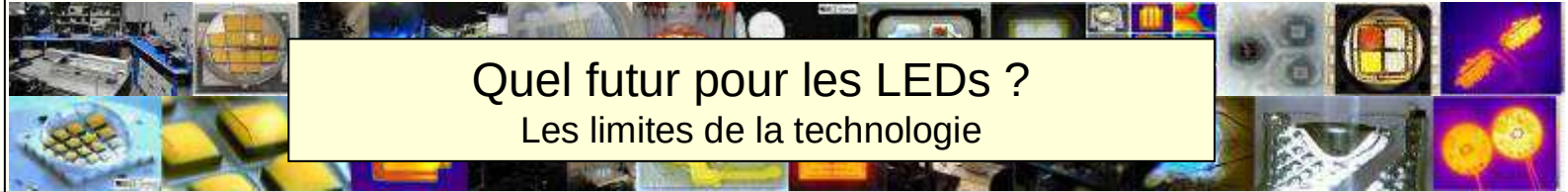


Au niveau du
dépôt de
luminophore



Au niveau du type
et de la qualité
du luminophore





Quel futur pour les LEDs ? Les limites de la technologie

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

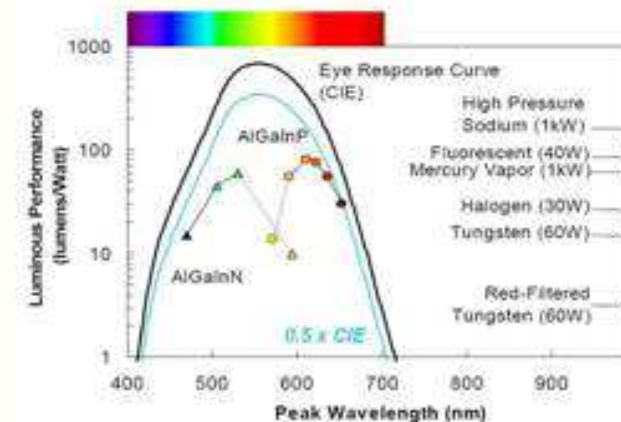
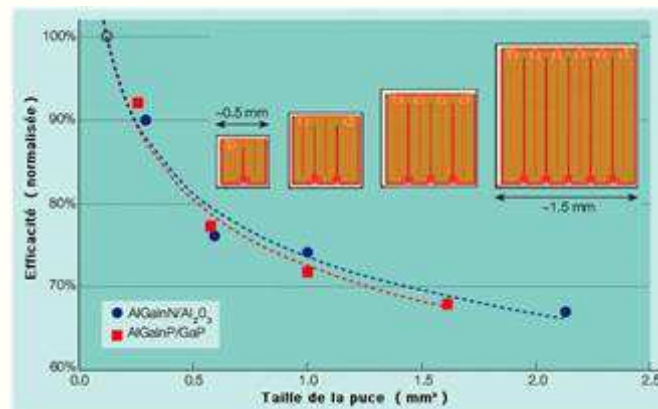
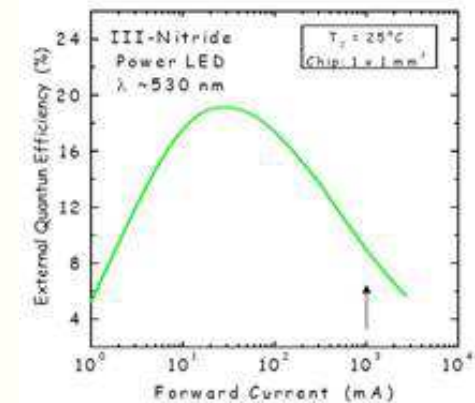
Évolutions passées

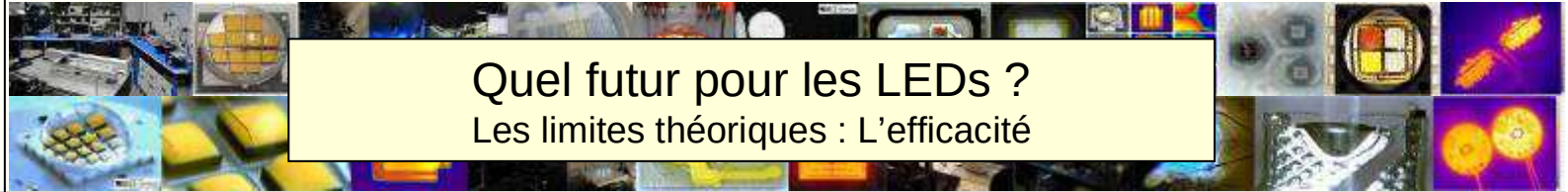
Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- Efficacité d'extraction : coût
- Efficacité lumineuse : 250-300lm/W approx
Pour des applications d'éclairage
- Efficacité lumineuse : taille du chip





Quel futur pour les LEDs ? Les limites théoriques : L'efficacité

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

Puce bleue 460nm + YAG

Efficacité pour différents spectres



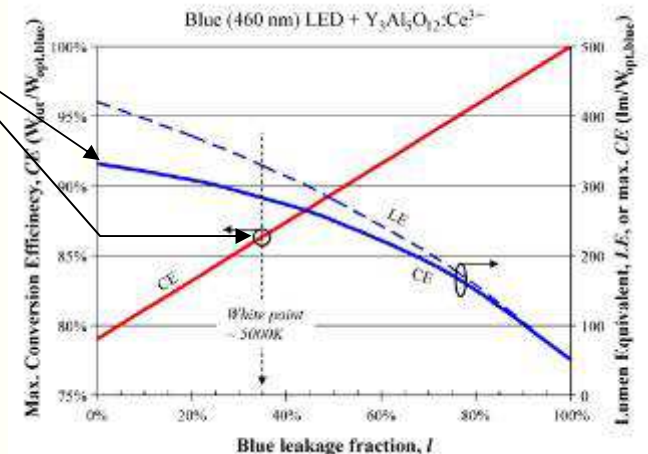
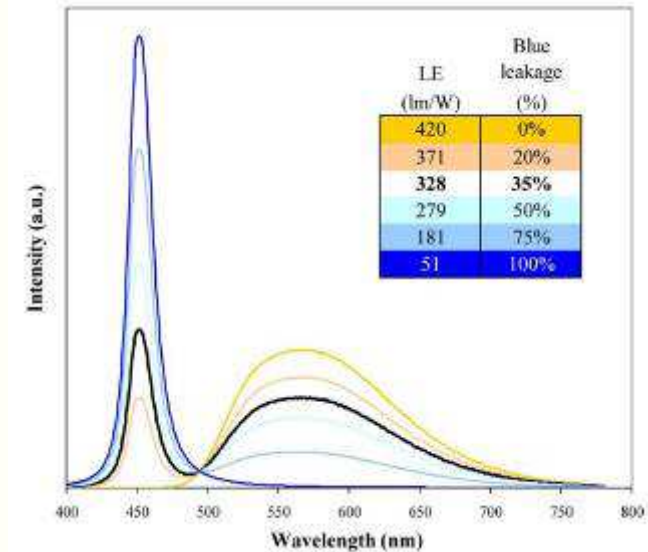
Ce qui donne :

- Eff. photométrique max = 330lm/W_{opt}
- Eff. photométrique max (5000K) = 283lm/W_{opt}

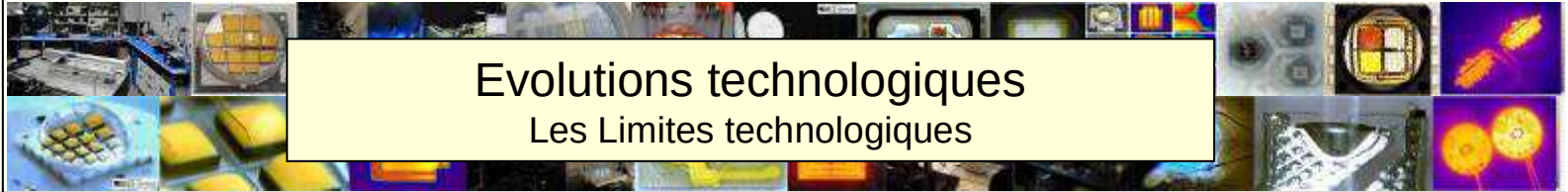
ATTENTION aux unités / Conditions

- Température et courant considérés
- Efficacité en lumen / W optique
- Conversion W optique / W électrique à évaluer
50 – 60% actuellement $\Rightarrow$ 150 – 170 lm/W

LIMITE à terme : 230 – 250 lm/W



Michael R. KRAMES - IEEE



Evolutions technologiques

Les Limites technologiques

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

- chip
- substrat
- alimentation
- phosphore
- boîtier
- lentille
- Pad thermique

PERFORMANCES

- Flux
- Efficacité
- Angle d'émission
- Qualité spectrale
- Résistance th.
- Vf
- T°C jonction
- Prix

Performances Syst.

Maturité

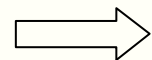
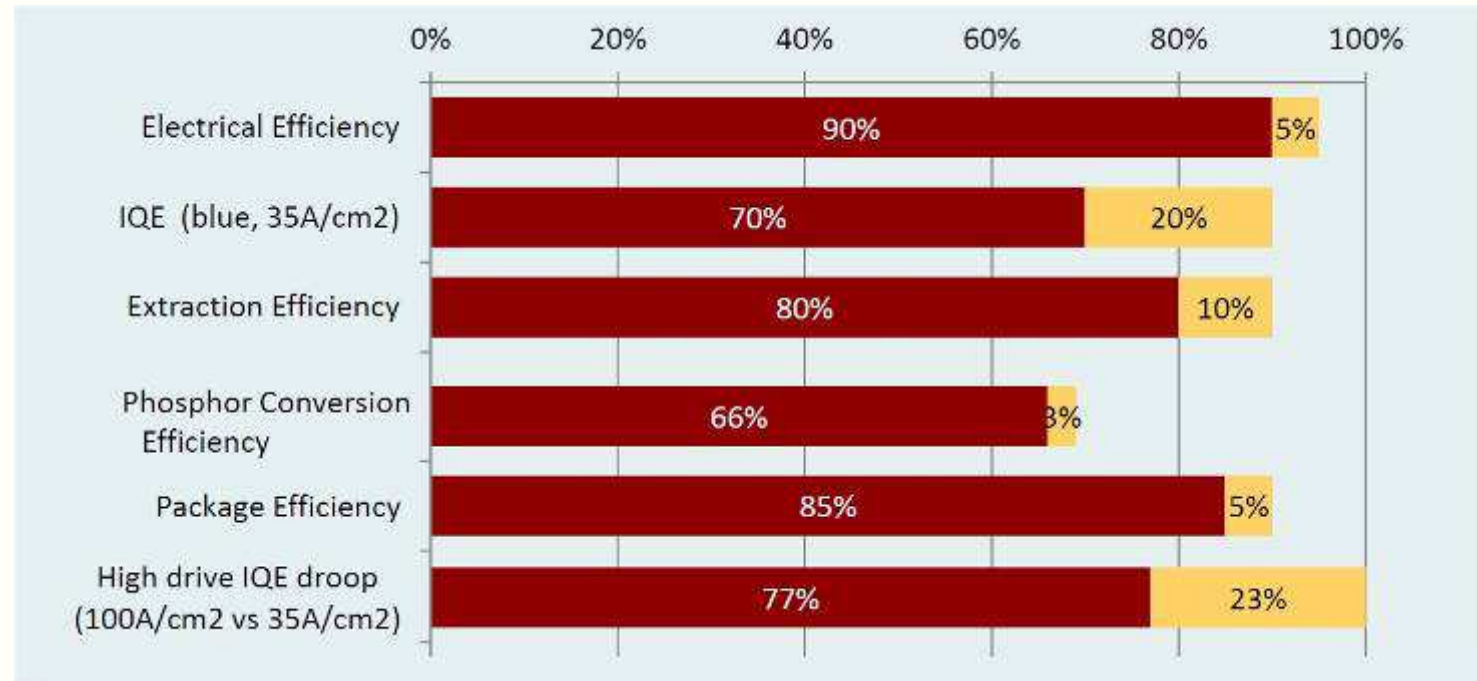
Points à noter

Évolutions passées

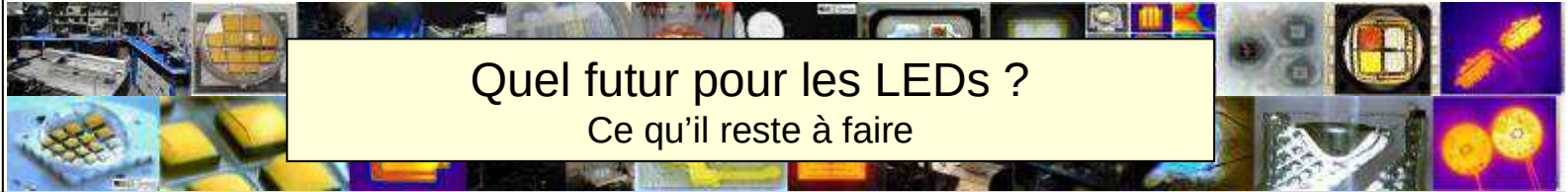
Limites Physiques

Perspectives

ANSES



Question : Quelle est notre marge de progression ?



Quel futur pour les LEDs ? Ce qu'il reste à faire

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

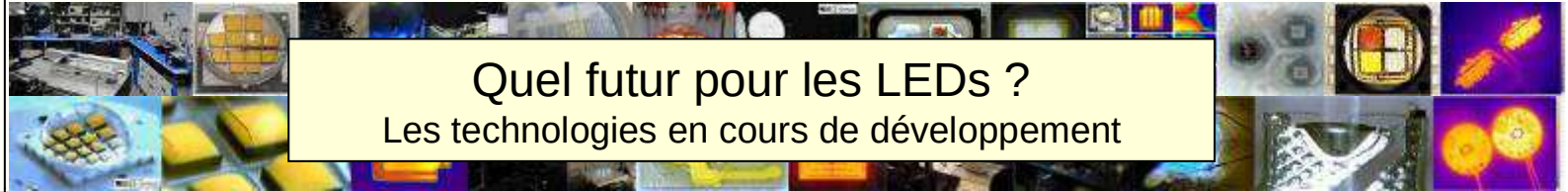
Évolutions passées

Limites Physiques

Perspectives

ANSES

- Améliorer (encore) l'efficacité des LEDs
- Maîtrise des aspects thermiques
- Augmenter la surface émettrice des composants en maintenant l'efficacité
- Améliorer la qualité de la lumière
- Maîtriser davantage l'alimentation
- Maîtriser les coûts



Quel futur pour les LEDs ? Les technologies en cours de développement

Technologie à LED Unités

Acteurs du marché

chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

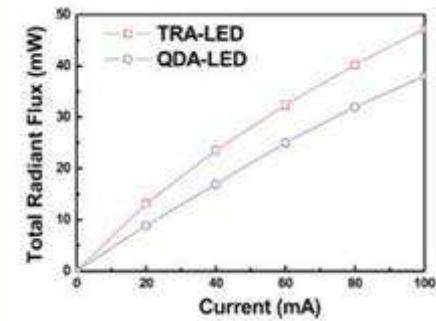
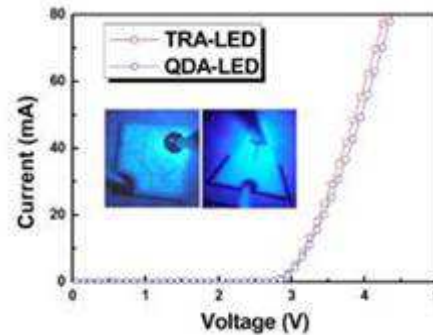
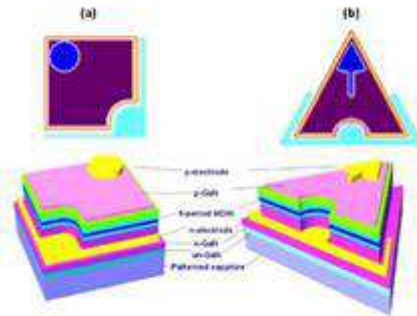
Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

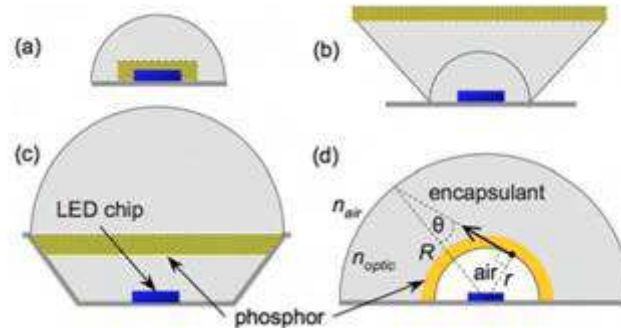
Perspectives

ANSES



Ja-Yeon Kim-IEEE-2007

Puce triangulaire → de l'efficacité

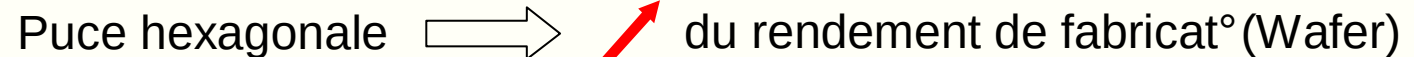


Applied Physics Letters_2008

Architecture améliorée → de l'extraction lumineuse

Quel futur pour les LEDs ?
Les technologies en cours de développement

ANSES





Quel futur pour les LEDs ? Les prévisions 2013 - 2015

Technologie à LED
Unités

Acteurs du marché
chip
substrat
alimentation
phosphore
boîtier
lentille
Pad thermique

PERFORMANCES

Flux
Efficacité
Angle d'émission
Qualité spectrale
Résistance th.
Vf
T°C jonction
Prix

Performances Syst.

Maturité

Points à noter

Évolutions passées

Limites Physiques

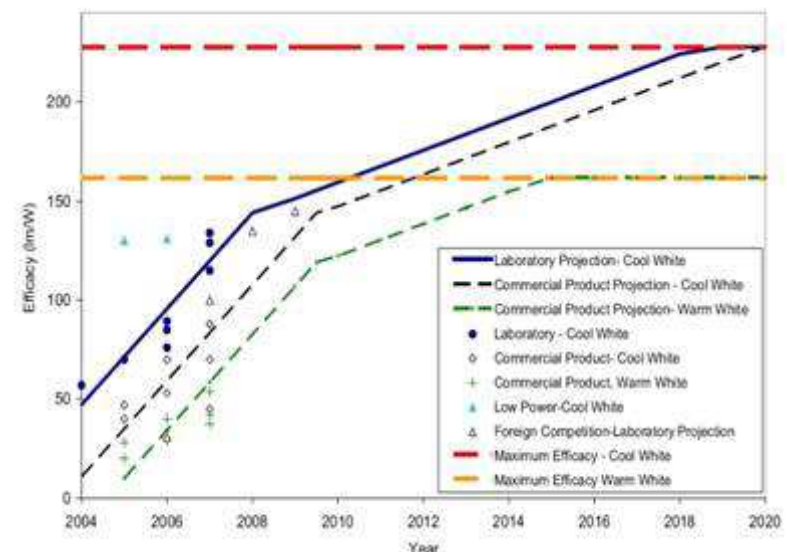
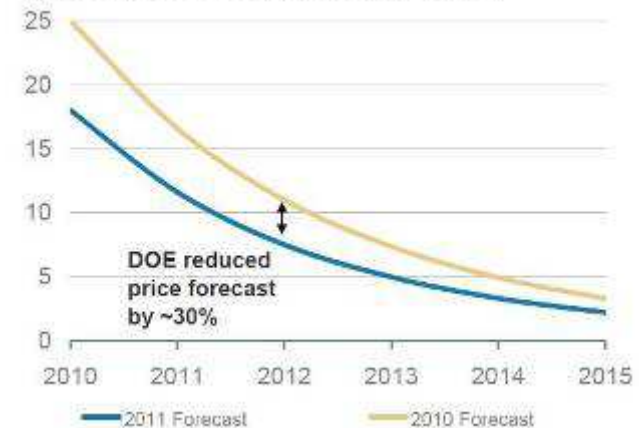
Perspectives

ANSES

- Efficacité > 140-160lm / W
- Flux lumineux > 1000lm par composant
- IRC > 90-95
- Durée de vie > 60000h
- Coût des 100lm < 0,4€
(pour 10-50Kpcs)

NGLIA LED Technical Committee
& department of Energy - 2007

Warm White LED Pricing (\$ per kilo-lumen)





QUESTIONS

Merci de votre attention

Laurent.massol@led-development.fr

For more information on LED technology :

Editor : DUNOD

